

الأصول العامة في

الجغرافية المناخية

الجزء الثاني

(المناخ التفصيلي والتطبيقي)

الأستاذ الدكتور

محمي محمد العزیز زلور (رضي)

أستاذ الجغرافية الطبيعية

عميد كلية الآداب - جامعة الإسكندرية (السابق)

دار المعرفة الجامعية

الأسول العامة

2

الجغرافية المناخية

الجزء الثاني

(المناخ التفصيلي والتطبيقي)

الأصول العامة

في

الجغرافية المناخية

الجزء الثاني

(المناخ التفصيلي والتطبيقي)

دكتور

فتحى عبد العزيز أوراظي

أستاذ الجغرافيا الطبيعية

عميد كلية الآداب (السابق) جامعة الإسكندرية

2011



عدد الصفحات :- ٣٦٤

المؤلف :- فتحى عبد العزيز ابو راضى

عنوان الكتاب : الأصول العامة في الجغرافية المناخية

الجزء الثاني

(المناخ التفصيلي والتطبيقي)

رقم الايداع :-

حقوق النشر والتوزيع

جميع حقوق الملكية الاممية والفنية محفوظة لدار المعرفة للنسبة للطبع والنشر والتوزيع
الاسكندرية - جمهورية مصر العربية - وحظر طبع أو تصوير أو ترجمة الكتاب فملاً أو مجزاً
أو تسجيله على الطريقة كاسيت أو انقلقه على الكمبيوتر أو برمجته الا بموافقة الناشر خطياً

Copy right ©

All rights reserved

٢٠١٢ م

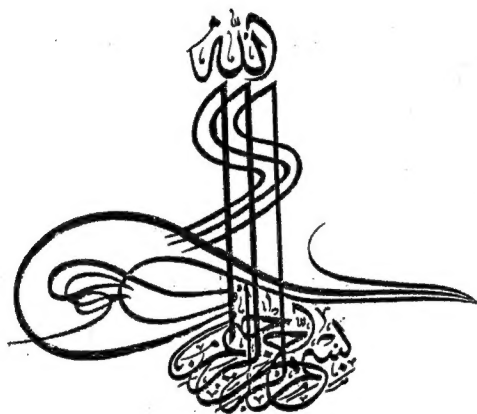


الاداره :- ٣٦ ش موتير - الازرودة - امل كلية الحقوق - جامعة
الاسكندرية - جمهورية مصر العربية
تليفكس :- ٠٠٢٠٣٤٨٧٠١٦٣
محمول :- ٠٠٢٠١٢١٦٦٦٩١٣
فروع الفلاني :- ٣٨٧ ش قبال السويس - الشباطي - الاسكندرية

Email: -

darelmaarefa@gmail.com, d_maarefa@yahoo.com

Web site: - www.darelmaarefa.com



إهداء

إلى تلاميذي... ولهم في نفسي معرفة الأبناء....

أهدي هذا الكتاب...

محتويات الكتاب

رقم الصفحة	العنوان
٧	- الإهداء
٩	- محتويات الكتاب
١٣	- مقدمة
٤٠ - ١٧	- الفصل الأول، أقاليم العالم المناخية
١٩	- مقدمة
١٩	- أقاليم العالم المناخية حسب تصنيف ثورنثويت
٢١	أولاً : تصنيف عام ١٩٣١
٢٧	ثانياً : تصنيف عام ١٩٤٨
٣٧	- أقاليم العالم المناخية
٥٣ - ٤١	- الفصل الثاني، المناخ التفصيلي
٤٣	- مقدمة
٤٤	١ - الإشعاع، سطوع الشمس، والحرارة
٤٦	٢ - الرطوبة الجوية والتبخير
٤٧	٣ - حركة الهواء والتساقط
٤٨	- التعديلات المناخية
٦٩ - ٥٥	- الفصل الثالث، الظواهر الجوية في وادي النيل وجنوب غرب آسيا وطرق توقعها
٥٧	- العوامل الغامة المؤثرة في مناخ وادي وجنوب غرب آسيا
٥٨	- انخفاض الهند الموسمي
٥٨	- انخفاض السودان الموسمي
٥٩	- عواصف الرعد في منطقة البحر الأحمر
٦٠	- انخفاضات قبرص الجوية
٦١	- رياح الخماسين
٦٣	- طرق التوقع (التنبؤ) الجوى

رقم الصفحة	العنوان
٨٨ - ٧١	- الفصل الرابع : عناصر المناخ التطبيقي
٧٣	- مقدمة
٧٣	١ - الإشعاع
٧٦	٢ - سطوع الشمس وكمية الخيوم
٧٧	٣ - درجة الحرارة
٨١	٤ - التساقط
٨٥	٥ - الرطوبة الجوية
٨٦	٦ - حركة الهواء
١١٧ - ٨٩	- الفصل الخامس : المناخ ومكونات الوسط البيئي الطبيعي
٩١	- مقدمة
٩١	- أولاً : المناخ والمياه
١٠٣	- ثانياً : المناخ والتربة
١١٠	- ثالثاً : المناخ والنبات
١٤٩ - ١١٩	- الفصل السادس : المناخ وحياة الإنسان
١٢١	- مقدمة
١٢٢	- أولاً : المناخ وراحة الإنسان
١٢٢	- درجة الحرارة وجسم الإنسان
١٢٥	- الماء في جسم الإنسان
١٢٧	- توازن جسم الإنسان
١٢٨	- درجة إحساس جسم الإنسان بالعناصر المناخية
١٣٤	- المناخ وجسم الإنسان في بيئة دلتا النيل
١٣٥	- ثانياً : المناخ وصحة الإنسان
١٤٣	- المناخ وصحة الإنسان في بيئة دلتا النيل
١٩٤ - ١٥١	- الفصل السابع : المناخ وأنشطة الإنسان
١٥٣	- أولاً : المناخ والنشاط الزراعي

رقم الصفحة	العنوان
١٧٩	- المناخ وإنتاج المحاصيل الزراعية
١٨٠	- البيئة الزراعية الاصطناعية
١٨٢	- ثانياً : المناخ والصناعة
١٨٨	- ثالثاً : المناخ والطاقة والاتصالات
١٩٠	- رابعاً : المناخ والنقل والمواصلات
١٩٤	- المناخ وطرق النقل والمواصلات في بيئة دلتا النيل
١٩٥ - ٢٢٦	- الفصل الثامن : المناخ والسكن وبيئة الحضر
١٩٧	- مقدمة
١٩٨	- أولاً : المناخ وتصميم المسكن
٢١٦	- ثانياً : المناخ وبيئة الحضر أو المدن
٢٢٤	- المناخ والسكن في بيئة دلتا النيل
٢٢٧ - ٢٩٥	- الفصل التاسع : المشاكل المناخية البيئية
٢٢٩	- مقدمة
٢٣٠	- المشاكل المناخية وعلاقتها بحياة الإنسان
٢٣٠	- صعوبة الحصول على بيانات مناخية قطبية
٢٣١	- التغيرات في المناخات الإقليمية
٢٣٥	- التصحر
٢٣٦	- إزالة الغابات
٢٣٨	- مشكلة الطاقة والمناخ
٢٤٧	- تلوث الهواء
٢٥٩	- مشكلة الأوزون
٢٦٧	- الأمطار الحمضية
٢٦٩	- ظاهرة النينو

العنوان	رقم الصفحة
- الفصل العاشر: الاحتباس الحراري والتغيرات المناخية وآثارهما على دلتا النيل	٢٩٧ - ٣٥٦
- مقدمة	٢٩٩
- أولاً: ظاهرة الاحتباس الحرارى	٣٠٠
- أصل الظاهرة	٣٠١
- النتائج المتوقعة للاحتباس الحرارى	٣٠٦
- إجراءات مكافحة الاحتباس الحرارى	٣١٢
- ثانياً: ظاهرة التغيرات المناخية	٣١٦
- نظريات تفسير التغيرات المناخية	٣١٨
- دور الإنسان فى التغيرات المناخية	٣٣٧
- النتائج المتوقعة للتغيرات المناخية	٣٤٢
- نصيب مصر من التغيرات التى سيستقر على شكل المناخ فى المستقبل	٣٥١
- المراجع	٣٥٧ - ٣٦٤
- أولاً: المراجع العربية	٣٥٩
- ثانياً: المراجع الأجنبية	٣٦١

قليلة هي الكتب التي صدرت باللغة العربية حول المناخ التفصيلي والتطبيقي. ولهذا النقص الكبير أثره البالغ على مختلف فروع علم الجغرافيا ووسائل العلوم التي تتطلب معرفتها الإلمام ببعض بحوث علم المناخ التفصيلي والتطبيقي كعلم هندسة المدن وعلم الصحة والعلوم العسكرية والطيران والعلوم الزراعية وعلم النفس. إذ يؤثر الطقس والمناخ كظواهر بيئية ديناميكية على حياة الإنسان وأنشطته. ولقد لفت نظر علماء المناخ الطرق التي تؤثر بها عناصر الطقس والمناخ في أشكال النشاط الاقتصادي والاجتماعي، فانطلقوا للبحث عن تحديد دور كل عنصر من تلك العناصر. ولم يعد هناك مجال للشك في أثر الظروف الجوية على حياة الإنسان اليومية، فإلى جانب تحكم الظروف الجوية في تحديد نوع الطعام المناسب ونموذج المسكن اللائم ومكان قضاء العطلة الأسبوعية، تحدد أيضاً مدى إمكانية القيام ببعض الأعمال التي تتم في العراء أو الخلاء.

ولقد بدأ علم المناخ منذ نشأته بداية تطبيقية، فما أن بدأ الإنسان يتنفس هواء الجو الذي يحيط به، ويتعرف على الاختلافات التي تميز أجزاء بيئته المحدودة حتى شعر بأهمية البحث عن دور الظواهر الجوية في تحديد طرق معيشته، والعمل على ضبط تأثير تلك الظواهر وتجنب أخطارها إن أمكن له ذلك.

وقد خصصنا هذا الكتاب لمعالجة تأثير المناخ على جوانب البيئة الطبيعية والبشرية وذلك بهدف إلقاء الضوء على التأثيرات المباشرة وغير المباشرة للمناخ. وقد اعتمدنا في إعداد هذا الكتاب على معظم المراجع التي تعالج مثل الموضوعات التي عالجتها وعلى رأس هذه المراجع المتخصصة الدقيقة كتاب Applied Climatology لمؤلفه جريفيث J. f. Griffiths في طبعته السادسة التي صدرت عام ١٩٧٥ والذي تضمن فصولاً تتصف بالشمولية والدقة التي أكدتها العلاقات الرياضية المعقدة التي أبرزت الترابط القائم بين المناخ وجوانب البيئة الطبيعية والبشرية. كما استعنا بعدد آخر من المؤلفات الأجنبية من أهمها كتاب Principles of Applied Climatology لمؤلفه K. Smith المطبوع عام ١٩٧٥ وكتاب Applied Climatology لمؤلفه J. E. Hobbs المطبوع عام ١٩٨١ بجانب العديد من الكتب الأجنبية الأخرى الواردة في قائمة للمراجع في نهاية هذا الكتاب. ومن الكتب العربية اعتمدنا على الكتاب القيم للدكتور علي موسى وهو بطون «الوجيز في المناخ التطبيقي» المطبوع عام ١٩٨٢

ويكاد يكون هذا الكتاب من أفضل ما كتب في موضوع الدراسة المعاصرة لعلم المناخ التطبيقي في المكتبة العربية.

وتبدو أهمية الكتاب بين أيدينا في أنه محاولة لإبراز أهمية المعلومات المناخية وصلاتها بواحي الحياة. إذ ركزت الدراسة فيه على توضيح العلاقة بين المناخ والبيئة من وجهة نظر جغرافية المناخ التطبيقي، كما ركزت الدراسة على مجموعة من المشاكل المناخية التي تمثلت في مشكلة صعوبة الحصول على بيانات مناخية عن المناطق القطبية والتي حللتها الآن الأقمار الاصطناعية المتيورولوجية ومشكلة التغيرات في مناخ الأقاليم المناخية ومشكلة التصحر وإزالة الغابات ومشكلة تلوث الهواء ومشكلة ثقب الأوزون والأمطار الحمضية ومشكلة ظاهرة النينو والتي تعد من أكثر الظواهر الجوية المحيرة التي كتب عنها الكثير وما زال حتى الآونة الأخيرة.

ولقد انتهجنا في كتابنا هذا أسلوباً وصفيّاً تحليلياً وتعليقياً جغرافياً، وهو أسلوب لا غنى عنه إذ أنه يساعد، بسهولة ويسر، على توصيل الحقائق العلمية وإيصال أسس المعرفة الجغرافية المناخية التفصيلية والتطبيقية للأذهان الناشئة في مجال الدراسة الجغرافية بعامة، فيدون الأسس والقواعد لا يمكن أن ينهض الصرح، أو تستقر الأصول عند المستجدين من طلاب هذه المعرفة. والكتاب بين أيدينا الآن يعالج تلك الأسس بوسيلة لا يشي من الاقتضاب ولا يشي من التفصيل وذلك لكي يستفيد منه الطالب المبتدئ والباحث المتخصص.

وقد كان هذا الإدراك الدافع الأساسي لإعداد هذا الكتاب الذي نحاول أن نقدم فيه موضوعات تتناول علم المناخ التفصيلي والتطبيقي بشكل يمكن المجالات والأنظمة التي يشملها كما يقدم مجموعة من المعلومات الأساسية في هذا العلم ويقترح الطرق التي يمكن أن يستفاد بها من هذه المعلومات، هذا بالإضافة إلى أننا نقدم فيه موضوعات تتناول علاقة المناخ بحياة وأنشطة الإنسان الذي يعيش على سطح هذا الكوكب. ومن هذا المنطلق فإن الكتاب يتألف من عشرة موضوعات تضمنها عشرة فصول. فخصص الفصل الأول منها لتحديد الأقاليم المناخية على سطح كوكب الأرض عن طريق تقديم وصف كمي للمناخ بهدف إلى تحقيق وصف دقيق للظروف المناخية التي يمكن أن تحدث عند أي مكان على سطح الأرض ضمن إطار علم المناخ الإقليمي التفصيلي. وفي الفصل الثاني درسنا أسس وعناصر المناخ التفصيلي، وفي الفصل الثالث عالجت موضوعات في المناخ الإقليمي التفصيلي وهو دراسة الظواهر الجوية في وادي النيل وجنوب غرب آسيا بهدف التعرف على

خصائص هذه الظواهر وكيفية التوقع (التنبؤ) الجوى بها وطرق هذا التوقع . وفى الفصل الرابع كانت دراسة عناصر المناخ التطبيقي وذلك بغرض تسهيل دراسة التطبيقات المناخية العديدة . ويعالج الفصل الخامس تأثيرا المناخ على عناصر الوسط البيئى الطبيعى وهى المياه والتربة والنبات، بينما يتناول الفصل السادس تأثير المناخ فى حياة الإنسان من حيث راحته وصحته وتطبيق هذا التأثير على الإنسان فى بيئة دلتا النيل . ويعالج الفصل السابع تأثير المناخ على أنشطة الإنسان الاقتصادية من زراعة وصناعة ونقل ومواصلات وتطبيق ذلك أيضاً على بيئة دلتا النيل، ويدرس الفصل الثامن موضوع المناخ والسكن مع التركيز على بيئة الحضر أو بيئة المدن . وخصص الفصل التاسع لدراسة المشاكل المناخية من وجهة نظر جغرافية المناخ التطبيقي، وتبدو أهمية هذه الدراسة فى أنها محاولة لإبراز أهمية المعلومات المناخية وصلاتها بخواص الحياة . وأخيراً أهتم الفصل العاشر بدراسة ظاهرتين مناخيتين هامتين هما الانحباس الحرارى والتغيرات المناخية لما لها من علاقة وثيقة بحياة الإنسان وأنشطته .

وغنى عن البيان القول بأن المعلومات عن علم المناخ التفصيلي والتطبيقي - بالشكل الذى وردت به فى هذا الكتاب - تقوم على شرح الحقائق العلمية مما يستدعى من القارئ بذل المزيد من الجهد فى استيعاب تفصيلاتها، لذلك كان لابد أن يكتب المتن بأسلوب سهل، وعرض المعلومات والمفاهيم الأساسية عرضاً مبسطاً ولكنه شاملاً للتصورات الحديثة فى ميدان الجغرافية المناخية بعامة وجغرافية المناخ التفصيلي والتطبيقي بخاصة . وقد زدنا الكتاب فى المواضع المناسبة بأشكال توضيحية وخرائط وأشكال بيانية وصور فوتوغرافية تعين القارئ على استيعاب مضمون الكتاب وفهم فحواه . ولا ندعى أننا قمنا، فى هذا الكتاب، الجديد فى عالم التأليف، كما أننا لا ندعى أننا أضفنا إلى العلم نظريات جديدة، لأنه كتاب دراسي يعالج القواعد الأساسية وتفسير الحقائق والشواهد البارزة وتحليل السمات والمعالم المميزة للمناخ وعلاقته بحياة الإنسان وأنشطته على سطح الأرض . وسوف يتضح للقارئ أن الكتاب فى مادته العلمية يعتمد على كثير من أهم المراجع العربية والأجنبية التى عالجت وتعالج نفس موضوعات هذا الكتاب، وقد أثرتنا عدم ذكر هذه المراجع فى الحواشى وأكتفينا بإلحاقها فى ثبث فى نهاية الكتاب ليرجع إليها من يريد التوسع فى البحث والتعمق فى الدراسة والوقوف على التفصيلات . ولا يقتصر ذلك على المتن فحسب، بل أن معظم الخرائط والأشكال التوضيحية والرسوم البيانية قد نقلت من هذه المراجع بشئ من التصرف .


والكتاب بصورته الحالية وموضوعاته المحددة لا يبرز أمثاله ولا يزاحم أقرانه، في نفس الميدان، فما زال بالمكتبة الجغرافية العربية متبع لاستيعاب هذا الكتاب على الأقل لمجرد تنويع وتعدد المراجع أمام القارئ العام والطالب في المرحلة الجامعية الأولى والباحث المتخصص في ميدان علم المناخ التطبيقي بصفة عامة، لينهل منها الجميع كل حسب احتياجه. وأود هذا أن أتقدم بالشكر الجزيل إلى كل من شجعني وعاونني على إخراج هذا الكتاب ومراجعة أصوله، وأخص بالشكر اساتذتي وزملائي بقسم الجغرافيا بكلية الآداب - جامعة الاسكندرية الذين أفدت كثيراً من توجيهاتهم السديدة وإرشاداتهم القيمة، كما أود هذا أن أزجي الشكر للحاج صابر عبد الكريم صاحب دار المعرفة الجامعية بالاسكندرية على تفضله بطباعة ونشر هذا الكتاب. وشكري الجزيل وامتناني العظيم إلى زوجتي التي كانت تخفف الأعباء وتهون الصعاب وتعين على الصبر، وأولادى الذين طوقوا جهدي بجهودهم ولولاهم وبدون تشجيعهم ومساعدتهم لما رأى هذا العمل النور.

وبعد، أرجو أن يحقق هذا الكتاب الغرض الذي استهدفته، وأن يكون لبنة أضعتها في هذا المجال وإسهاماً منا في انماء الدراسات الجغرافية المناخية، وأن يجد المهتمون بمثل هذه الدراسات من جغرافيين وغيرهم الفائدة التي أرجوها لهم، كما أرجو أن تكون قد وفقت في حمل جزء من الرسالة التي تتعهدا الجامعة، وفي الوفاء بجزء مما أدين به للعمل الذي أضطلع بأعبائه، وقد بذلت قصارى الجهد، وما أتوقع للكمال - فهو لله وحده - أستمد منه العون والرشاد، وأبتغى من فضله التوفيق والسداد، له الحمد والتمجيد كما يرضى، وأساله من خير ما حتم وقضى، عليه التوكل، وبه نستعين، وعليه قصد السبيل.

دكتور هتمى عبد العزيز أبو راضى

الاسكندرية - شروت

أول يناير ٢٠٠٦



الفصل الأول

أقاليم العالم المناخية



أقاليم العالم المناخية

مقدمة :

يعد المركب المناخى وليد تفاعل مجموعة من العناصر، التى تنجم عن فعل عوامل عديدة. ولما كانت تلك العناصر تختلف مكانياً، واختلافها هذا انعكاس لدرجة قوة فاعلية هذا العامل أو ذلك الذى يعد مسلولاً عن وجود هذا العنصر أو غيره. والهدف من تصنيف العالم وتقسيمه إلى أقاليم مناخية - كل إقليم يخلف عن غيره - هو تسهيل الدراسة من ناحية، ومن ناحية أخرى التمكين من تحديد التباينات الدقيقة ما بين أحزاء تلك الأقاليم التى تبعد عن التجانس المطلق داخل حدودها المناخية الكبرى. والتصنيف المناخى هو الأساس الذى يمكن أن يعتمد عليه صناع القرار فى عمليات التخطيط السليم لتنفيذ برنامج اقتصادى ما أو عند إجراء تنمية فى منطقة ما.

ومما لا ريب فيه أن التصنيف المناخى يشكل ركيزة من ركائز علم المناخ التطبيقى. خاصة إذا أدركنا أن معظم العلماء الذين يقومون بتصنيف العالم إلى أقاليم مناخية انطلقوا فى رسم الحدود المناخية للأقاليم التى اقترحوها من تأثير المناخ على جوانب البيئة المختلفة. فتارة كان النبات منطلقهم الأساسى فى رسم الحدود للمناخية (كوبن، دومارتون، ميلر)، وتارة أخرى كان الإنسان - من حيث مناسبة المناخ لراحته - منطلقاً فى ذلك (ببلى)، بينما انطلق آخرون من العلاقة بين الحاصلات الزراعية والظروف المناخية (ثورنثويت)، وهو ما له من علاقة أيضاً بالإنسان وحياته. وسوف نستعرض فى هذا الفصل التصنيف الأخير، وهو تصنيف ثورنثويت نظراً لأهميته الخاصة فى علمى المناخ التفصيلى والتطبيقاتى معاً.

أقاليم العالم المناخية حسب تصنيف ثورنثويت

أفترحت فى الآونة الأخيرة نظماً تجريبية عديدة من أجل عمل تصنيفات مناخية أقلية. ويرجع تعدد تلك النظم إلى الطبيعة المعقدة للمناخ وكذلك إلى العدد الكبير من العوامل أو العناصر التى يمكن اختيارها وكذلك القيم الحدية الممكنة فى تأسيس النظام. فكانت هناك على سبيل المثال محاولات لعمل نظام تصنيفى قائم على أساس الطاقة السطحية وتدفقات الرطوبة. وكانت الأقاليم الناتجة تركز على عوامل المناخ العاملة فى

أقليم معين. غير أنه نظراً لأن المناخ هو عبارة عن ظواهر متغيرة في الوقت والمكان فقد كان صعباً للغاية تحديد مجموعة من القيم الحدية المعينة التي يمكن أن نعد ملائمة للمناخ وبشكل محدد. ومن هنا فإن معظم النظم قد صممت على أساس أهداف أو تطبيقات معينة سوف تستخدم من أجلها، فكانت هذه الأهداف أو التطبيقات تملئ اختيارات القيم الحدية المستعملة. وعلاوة على ذلك فإن التطبيقات التي يصاغ التصنيف من أجلها كثيراً ما تفرض درجة تعقيد نظام التصنيف نفسه. فعلى أحد الجانبين هناك نظم التصنيف الإقليمية البسيطة والقائمة على أساس عامل مناخى واحد، ومثل هذه التصنيفات نادراً ما ينظر إليها على أنها تصنيفات حقيقية، بل بالأحرى تعد هذه التصنيفات عبارة عن خرائط إقليمية محددة الغرض. بينما على الجانب الآخر، هناك نظم تصنيف تشمل عدداً من العوامل المناخية. ولعل من أكثرها شهرة ذلك التقسيم المعروف بالتصنيف «المنطقي» والمقترح بواسطة ثورنثويت Thormthwaite. فقد افترض أن التوازن المائى السطحي هو العامل أو الخاصية المفردة الأكثر أهمية من العوامل المناخية فى أى مكان. ويعتمد هذا التوازن المائى ليس فقط على التساقط والتبخر فى وقت ما، بل أيضاً على تفاوتاتهما الموسمية. ولقد نتج عن هذا التصنيف ظهور «الدليل الرطوبى Moisture Index»، كأحد المتغيرات المهمة فى النظام. ثم تم بعد ذلك استنتاج القيم الحدية الهامة. والتصنيف الناتج هو تصنيف معقد إلى حد ما ولا يلائم المناطق الجافة Arid Areas بشكل تام. لذا فإن هذا التصنيف لم يستخدم بصورة مكثفة على مستوى كوكب الأرض. إلا أن خرائط الأنماط المناخية للأقاليم القارية الواقعة على دوائر العروض الوسطى تمكس - باستخدام رموز معينة - كمأ ضخماً من المعلومات بالغة الأهمية بالنسبة للمجال الزراعى.

ونظراً للتطورات التى حدثت مؤخراً فى الأسس العلمية لعلم المناخ بسبب تحسن وسائل القياس المستخدمة فى الرصد الجوى وإنشاء محطات الرصد ووفرته وتجميع بيانات ومعلومات الطقس، وقد أدى كل ذلك إلى التطور المشهود فى الدراسة المناخية وإعطاء صورة واضحة لمناخ العالم وتبايناته المختلفة. ومن الأهمية بمكان فى دراسة التصنيفات المناخية دراسة التوزيع الفضلى لعناصر المناخ، وهو ما تتبعه ثورنثويت فى تصنيفاته، إذ أنه اعتمد فى تحديد الأنماط المناخية على أساس كمى للعناصر المناخية التى ركز عليها، كما أنه اعتمد أيضاً على النبات الطبيعى. فالتبخر الذى يحدث من سطح التربة والنقع الذى يخرج من النباتات يشكلان مع انتقال الماء من الأرض إلى الجو وهما عنصران أساسيان فى تصنيفى ثورنثويت الذى قام بوضعهما حيث، نشر الأول منهما فى

عام ١٩٣١ بينما نشر الثاني في عام ١٩٤٨. ويعتمد التصنيفان على نفس العناصر المناخية ولكن يختلف حساب هذه العناصر من أحدهما للآخر بما يجعل النتائج المستخلصة من كل منها مختلفة أيضاً.

أولاً - تصنيف عام ١٩٣١

يعتمد هذا التصنيف على أربعة عناصر رئيسية هي: القيمة الفعلية للمطر، وتوزيعه الفصلي، ثم القيمة الفعلية لدرجة الحرارة وتوزيعها الفصلي، وهذا التصنيف يشبه تصنيف كوين في محاولته تحديد حدود الأقاليم المناخية على أساس كمي، إلى جانب اعتماده أيضاً على النبات الطبيعي، وبالإضافة إلى ذلك فهو يستخدم مجموعة من الرموز التي تدل على الأنماط المناخية، ولكنه يختلف عنه أساساً في استخدامه للتعبير عن فاعلية المطر والحرارة.

(١) القيمة الفعلية للمطر

من الحقائق المعروفة أن الحياة النباتية والحيوانية لا يمكنها أن تستفيد من كل المطر الساقط فوق سطح الأرض، لأن نسبة كبيرة جداً من الأمطار تصيب بوسائل شتى سواء عن طريق التصريف السطحي أو بواسطة التسرب ضمن شقوق القشرة الأرضية أو من خلال التبخر من التربة، وعلى هذا فإن القيمة الفعلية للمطر أي الكمية التي يستفيد منها، تتوقف على مقدار ما يضيع منه بالطرق السابقة. ويعد تحديد القيمة الفعلية للمطر من المشاكل المعقدة، نتيجة للعلاقة الوثيقة بين كمية المطر (الرطوبة) الفعلية لنمو النبات من جهة والتبخر من جهة أخرى. وإستخدام فورنشويت في عام ١٩٣١ م المعادلة التالية لحساب القيمة الفعلية للمطر:

$$\frac{11.5}{4} \left(\frac{\text{كمية المطر للشهيرة بالبرصة}}{\text{متوسط درجة الحرارة} - 10} \right)$$

وفي حال إستخدام المقياس العلوي لدرجة الحرارة، فإن المعادلة تصبح على الشكل التالي:

$$\frac{1}{4} \left(\frac{\text{كمية المطر الشهرية}}{\text{متوسط درجة الحرارة الشهرية} + 12.2} \right) = \text{القيمة الفعلية للمطر الشهري}$$

وتحسب القيمة الفعلية للمطر السنوي عن طريق جمع القيمة الفعلية للمطر الشهري خلال الاثني عشر شهراً، ويمكن معرفة حالة المناخ والدرج النباتي اللازم له عن طريق

ملاحظة: قيمة القيمة الفعلية للمطر السنوي مع التدرج التصنيفي الذي وضعه ثورنثويت
جدول (١-١) .

جدول رقم (١-١)
تدرج ثورنثويت التصنيفي للفاعلية المطر

القيمة الفعلية للمطر	النمط المناخي	الرمز	النموذج النباتي
أكثر من ١٢٨	رطب جدا	A	غابة مطيرة
١٢٧ - ٦٤	رطب	B	غابة
٦٣ - ٣٧	شبه رطب	C	أرض عشبية
٣٦ - ١٦	شبه جاف	D	شجيرات
أقل من ١٦	جاف	E	صحراء

إذا اتخذ ثورنثويت القيمة ٤٨ للقيمة الفعلية للمطر الحد الفاصل بين المناخات الجافة والمناطق الرطبة.

التوزيع الضمني لقيمة الفعلية للمطر

نتيجة للاختلاف الشهري في درجة الحرارة السنوية وكمية المطر، فإننا نجد أن هناك تبايناً في القيمة الفعلية للمطر تبعاً لفصلية المناخ. وهكذا نرى أنه لا بد من التمييز بين أربعة أنواع فصلية للقيمة الفعلية للمطر، كما حددها ثورنثويت على النحو التالي: رطوبة مستمرة في كل الفصول (r)، نقص في الرطوبة في الصيف (s)، نقص في الرطوبة في الشتاء (d)، نقص في الرطوبة في كل الفصول (d).

ففي حالة إذا ما كانت قيمة القيمة الفعلية للمطر أكثر من ٤٨، فإن النمط (r) يحدث عندما تكون الفاعلية الفصلية القصوى أقل من نصف القيمة الكلية للفاعلية مالم تزيد هذه الفاعلية على ١٢٨، وأما النمط (s) فإنه يتشكل عندما تكون القيمة الفعلية للمطر في الشتاء أكثر من ١٦ أو أكثر من نصف الفاعلية الكلية التي يجب أن تكون أقل من ١٢٨.

وفي حالة إذا كانت الفاعلية الصيفية أكثر من ١٦ فالنمط المناخي يكون (١٨). وعندما يكون هناك نقص رطوبة في كل الفصول (d) فإن القيمة الفعلية للمطر السنوي عندئذ تكون أقل من ٤٨ والفاعلية الفصلية لا تزيد على ١٦.

(٢) القيمة الفعلية لدرجة الحرارة

يشبه تأثير الحرارة تأثير الماء في النبات، فالحرارة تؤثر في كثير من العمليات الكيميائية والطبيعية، كما تؤثر في عمليات التمثيل الضوئي في النبات. والأثر الفعلي للحرارة يكون معادلاً في أهميته للأثر الفعلي للمطر. ولقد وضع «ثورنثويت»، علاقة رياضية بسيطة لحساب فاعلية الحرارة مستخدماً فيها المتوسط الشهري والسنوي لدرجة الحرارة، والعلاقة هي كالآتي:

$$\text{القيمة الفعلية لدرجة الحرارة الشهرية} = \frac{\text{المتوسط الشهري لدرجة الحرارة} - 32}{4}$$

حيث درجة الحرارة بالمقياس الفهرنيتي. وفي حال استخدام المقياس الملوي فإن المعادلة تصبح كالآتي:

$$\text{القيمة الفعلية لدرجة الحرارة الشهرية} = \frac{9 \times \text{المتوسط الشهري لدرجة الحرارة} - 32}{5}$$

ويمكن حساب القيمة الفعلية لدرجة الحرارة السنوية، إما عن طريق جمع الفاعليات الشهرية الاثنتي عشرة أو باستخدام العلاقة الآتية:

$$\text{فاعلية الحرارة السنوية} = 5.4 \times \text{المتوسط السنوي لدرجة الحرارة (م)}^{\circ}$$

وعلى أساس فاعلية درجة الحرارة السنوية ميز «ثورنثويت»، بين ستة أقاليم حرارية تتراوح فيهما فاعلية الحرارة بين الصفر إلى أكثر من ١٢٨، وهي كالآتي:

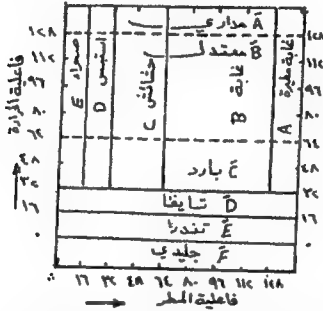
الرمز	النمط المناخي	القيمة الفعلية لدرجة الحرارة السنوية
'A	مدارى	أكثر من ١٢٨
'B	معتدل	١٢٧ - ٦٤
'C	بارد	٦٣ - ٣٢
'D	طايغا	٣١ - ١٦
'E	تندرا	١٥ - ١
'F	صقيع	صفر

وتوجد أقل الشروط الحرارية لنمو النبات في المنطقة القطبية، حيث تكون فاعلية الحرارة منخفضة جداً في التندرا، وتعادل الصفر في المنطقة الفاصلة بين النطاق القطبي والتندرا. أما أكثر الشروط الحرارية الملائمة لنمو النبات فتوجد في المنطقة المدارية التي تصل فاعلية الحرارة فيها إلى ١٢٨ فأكثر (شكل ١: ١).

التركيز الصيفي للقيمة الفاعلية لدرجة الحرارة

من المعروف علمياً أن الفاعلية السنوية لدرجة الحرارة لا تعطى الصورة الحقيقية للحالة الحرارية في منطقة من المناطق نتيجة للتباين في درجة الحرارة على مدار السنة، إذ أنه من المتوقع أن يكون لمحتطين قيمة الفاعلية السنوية نفسها، ولكن المحطة الأولى تكون فيها معظم الفاعلية محصورة في فصل الصيف، بينما نجد في الأخرى العكس.

$$(\text{التركيز الصيفي لفاعلية الحرارة} = \frac{\text{فاعلية الحرارة في أشهر الصيف}}{\text{فاعلية الحرارة السنوية}} \times 100)$$



(شكل رقم ١-١٠ أقاليم الحرارة والرطوبة (ثورنثويت ١٩٢١))

ويتراوح مدى التركيز الصيفي بوجه عام بين ٢٥ - ١٠٠، وتختلف قيمته تبعاً لدرجة العرض والبعد عن البحر. وعلى أساس درجة التركيز الحرارية، ميز «ثورنثويت» بين خمسة أقاليم مناخية حرارية، هي كالآتي:

النمط المناخي	نسبة التركيز الصيفي للقيمة الفاعلية لدرجة الحرارة
a	٢٥ - ٣٤ %
b	٣٥ - ٤٩ %
c	٥٠ - ٦٩ %
d	٧٠ - ٩٩ %
e	١٠٠ %

وحسب درجة كفاية الفاعلية الحرارية لنمو النباتات ميز «ثورنثويت» ثمانية أقاليم مناخية، وهي كالآتي:

أقاليم فيها كفاية حرارية	أقاليم ليس فيها كفاية حرارية
A غابة مطرية	D ناييجا
B غابة	E تكدرا
C أرض عشبية	F صقيع وثلج دائم
D استبس	
E صحراء	

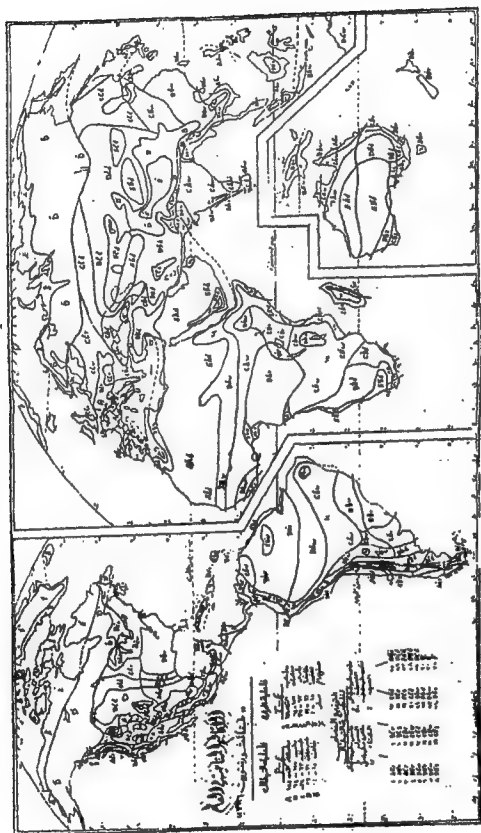
وفيما يلي جدول (٢ - ١) يبين الأقاليم المناخية تبعاً لعناصر التصنيف المختلفة وحسب الرموز المستخدمة:

جدول رقم (٢ - ١)

الأقاليم المناخية لثورنثويت حسب عناصر التصنيف المختلفة

فاعلية المطر	فاعلية الحرارية	فعيلة المطر	فعيلة الحرارة
A	A	r	a
B	B	s	b
C	C	w	c
D	D	d	d
E	E		e
F	F		

والشكل (٢ - ١) يوضح توزيع الأقاليم المناخية على سطح كوكب الأرض حسب تصنيف ثورنثويت الأول عام ١٩٣١.



شكل رقم ٢ - ١) الأقاليم المناخية في العالم حسب تصنيف فورتونيت ١٩٣١

ثانيا- تصنيف عام ١٩٤٨

إذا كان هذا التصنيف يتشابه مع التصنيف السابق في العناصر التي يعتمد عليها وهي: عنصر الرطوبة، عنصر الحرارة، التوزيع الفصلي للقيمة الفعلية للمطر (الرطوبة)، والتركيز الصيفي لفاعلية الحرارة. فإن التصنيفين مختلفان عن بعضهما بصورة واضحة. ففي التصنيف الأول (١٩٣١) حددت الأنماط المناخية على أساس دراسة توزيع النباتات والتربة ومظاهر التصريف المائي، بينما في التصنيف الجديد حددت المناخات بصورة رياضية والحدود وقعت تبعاً لمعطومات وقيم احصائية، والاختلاف يظهر أيضاً نتيجة للتغير في النظرة إلى دور النبات. فالدراسات المبكرة التي قام بها كوين اتخذت النباتات مؤشراً مناخياً مفسراً لكل العناصر المناخية بينما الدراسة الحالية تنظر إلى النبات على أنه عبارة عن أداة طبيعية وتوظيفها نقل الماء من التربة إلى الجو، أي أن النبات يعد وسيلة للتبخير، كما أن الغيوم وسيلة للتساقط.

وتعد طاقة التبخر / النتج نقطة الأساس في تصنيف ثورنثويت الجديد، إضافة إلى أنه يعطى فكرة عن التوازن المائي عن طريق تحديد كمية النقص في الماء أو الفائض الذي يستخدم في شكل معادلة رياضية لتحديد دلائل أو مؤشر الرطوبة.

طاقة التبخر / النتج Potential Evapotranspiration

لا يمكن تحديد نوعية المناخ ما إذا كان جافاً أو رطباً من خلال معرفة التساقط فقط، بل يجب معرفة ما إذا كان التساقط أكبر أو أقل من احتياج الماء للتبخير والنتج، وإذا كانت أهمية كل من التساقط والتبخير/النتج تبدو متقاربة، وأن كانا يرجعان إلى أسباب مناخية مختلفة، فإنهما يختلفان عن بعض سواء في الكمية أو في التوزيع الشهري والفصلي، ففي بعض الأمكنة نجد أن الأمطار الساقطة شهرياً تكون أكثر من التبخر من التربة واستهلاك النبات للماء، وبالتالي يوجد حيزاً فائض مائى، وهذا الفائض يتسرب إلى باطن الأرض أو يجري على شكل جداول وأنهار على سطح الأرض حتى البحر، بينما في أمكنة أخرى فإن الأمطار الساقطة شهرياً تكون أقل مما تستهلكه التربة في التبخر والنبات في النتج، وبالتالي لا يوجد في هذه الحالة أى فائض مائى، بل يوجد نقص وانعدام في الجريان السطحي للماء، ماعدا المناطق التي تتميز بترينتها غير منفذة للماء.

وتعد طاقة التبخر/النتج، حسب وجهة نظر ثورنثويت، عبارة عن كمية المياه التي تتبخر من التربة وتنفذ من النباتات بوساطة النتج، فيما لم يفترض وجود غطاء نباتي أخضر ومورد مياه دائم يعد التربة باستمرار وهذا المقدار الافتراضى لما يفقد من التربة

والنبات هو في الواقع مقدار المياه اللازمة لمنطقة ما كي لا يكون المناخ فيها جافاً. ويجب أن لا نخلط بين التبخر/ النتج الفعلي وطاقة التبخر/ النتج. حيث أن التبخر/ النتج الفعلي هو قيمة حقيقة تتم في الظروف العادية لمنطقة ما ويمكن قياسها، بينما طاقة التبخر/ النتج فهي قيمة افتراضية ونظرية ومثالية فمثلاً يكون التبخر/ النتج قليلاً في منطقة صحراوية نباتها قليل، وقد يصل التبخر/ النتج إلى أقصاه في منطقة تتميز بزيادة مواردها المائية.

ولما كانت طاقة التبخر/ النتج تختلف قيمتها باختلاف نوعية التربة والغطاء النباتي، ودرجة الحرارة، لذا فإن ثورنثويت قدر قيمة المياه التي تخزن في منطقة الجذور في التربة بأنها تتفاوت بين ٢٥ - ١٠٠ - ٤٠٠ ملم تبعاً لنوع التربة وعمقها وبنيتها. ولقد وضع ثورنثويت، معادلة لحساب طاقة التبخر/ النتج وذلك بالاعتماد على متوسط الحرارة الشهرى والمعادلة هي الآتية:

$$\text{طاقة-التبخر/ النتج} = ١.٦ \left(\frac{١٠ \times \text{المتوسط الشهري للحرارى}}{\text{مجموع القيم الشهرية للمعامل الحرارى}} \right) \text{ ع}$$

حيث يحسب المعامل الحرارى من:

$$\text{المعامل الحرارى} = \left(\frac{\text{متوسط الحرارة الشهرى}}{١.٥١٤} \right) \text{ أما ع} =$$

$$٠.٤٩٢٣٩ + I \times ٢.٦٠ \times ٠.١٧٩٢١ \times I \times ١٠ \times ٠.٧٧١١ + I \times ١٠ \times ٠.٦٧٥١$$

حيث I هي للمعامل الحرارى السنوى

(١) معامل الرطوبة

من الواضح الآن أنه ليس بالإمكان معرفة معامل الرطوبة، بمجرد مقارنة قيمة التبخر/ النتج من التربة والنبات مع التساقط، ولكن يجب أخذ طاقة التبخر/ النتج في الحسبان نتيجة للدور الذى تلعبه والذي لا يقل عن الدور الذى يقوم به التساقط، إذ أنه بمقارنة الأمطار مع طاقة التبخر/ النتج يمكن معرفة مدى الحاجة للماء، وما إذا كان

هناك نقص في الماء أو زيادة، وعندئذ يكون المناخ رطباً أو التساقط جافاً. فعندما تكون كمية التساقط أكبر من طاقة التبخر/ النتج فعندئذ يكون هناك فائض من الماء، أما إذا كانت طاقة التبخر/ النتج أكبر من قيمة التبخر/ النتج الفعلي فالمنطقة يكون فيها عجز مائي، والزراعة تكون بحاجة إلى الري. ولقد استخدم ثورنثويت كلاً من الفائض المائي والعجز المائي بجانب طاقة التبخر/ النتج للتعبير عن درجة الرطوبة والجفاف وذلك في شكل معادلات رياضية كالآتي:

$$(1) \text{ معامل الرطوبة } = \frac{100 \times \text{كمية المياه الفائضة}}{\text{طاقة التبخر} / \text{النتج}}$$

$$(2) \text{ معامل الجفاف } = \frac{100 \times \text{كمية العجز في المياه}}{\text{طاقة التبخر} / \text{النتج}}$$

في حال انعدام التساقط فإن معامل الجفاف يبلغ حده الأقصى، وعنده يكون العجز المائي معادلاً لطاقة التبخر/ النتج، ومعامل الجفاف يساوي ١٠٠٪. أما معامل الرطوبة فلا يصل حده الأقصى إلا عندما تكون كمية التساقط معادلة لصنعف طاقة التبخر/ النتج. ونتيجة لتعاقب العجز المائي والفائض المائي في فصول السنة المختلفة، فلقد أدخلهما ثورنثويت معاً في حساب معامل الرطوبة. وعلى الرغم من أن الزيادة في الماء في فصل من الفصول لا يمكنها أن تمنع العجز في فصل آخر، لكن ما يخزن من الماء في التربة يعوض جزئياً هذا العجز. ولقد عد ثورنثويت أن الزيادة من المياه بمقدار ٦٠ ملم في أحد الفصول يمكنها أن تعوض عجزاً مقداره ١٠٠ ملم في فصل آخر.

وهكذا نجد أنه عند حساب معامل الرطوبة، فإن مؤشر الرطوبة يكون أكثر وزناً وأهمية من مؤشر الجفاف، حيث أن مؤشر الجفاف تشكل ٦٠ قيمة مؤشر الرطوبة، وعلى هذا الأساس فإن العلاقة الرياضية التي وضعها ثورنثويت لحساب معامل الرطوبة يكون على الشكل التالي:

$$\text{معامل الرطوبة} = \frac{\text{المياه الزائدة} \times 100 - \text{العجز في المياه} \times 60}{\text{طاقة التبخر} / \text{النتج}}$$

وعندما تكون قيم معامل الرطوبة ايجابية فالمناخ يكون عندئذ رطباً، وعندما تكون القيم سلبية فإن المناخ عندها يكون جافاً.

وفيما يلي أقاليم الرطوبة مع قيم حدودها تبعاً للتدرج التصنيفي الذي وضعه «ثورنثويت» عام ١٩٤٨:

	الرمز	النمط المناخي	معامل الرطوبة
B	A	رطب جدا	١٠٠ فأكثر
	B ₄	رطب	٨٠ - ١٠٠
	B ₃	رطب	٦٠ - ٨٠
	B ₂	رطب	٤٠ - ٦٠
	B ₁	رطب	٢٠ - ٤٠
C	C ₂	شبه رطب (مائل للرطوبة)	٢٠ - صفر
	C ₁	شبه رطب (مائل للجفاف)	صفر إلى - ٢٠
	D	شبه جاف	- ٢٠ - - ٤٠
	E	جاف	- ٤٠ إلى - ٦٠

وتعد الأنماط المناخية السابقة هي نفس الأنماط التي حددها وقدمها ثورنثويت في تصنيفه السابق في عام ١٩٣١ ولكن بينما اعتمد في وضع الحدود في التصنيف السابق على الطريقة الوصفية المعتمدة على دراسة النبات والتربة ونماذج التصريف المائي، فإن الحدود في التصنيف الجديد هي حدود منطقية اعتمد ثورنثويت في وضعها على العلاقة ما بين التبخر/النتح والتساقط. وعلى الرغم من ذلك هناك علاقة بين معامل الرطوبة حسب التصنيف الجديد ومعامل الرطوبة في التصنيف القديم وهذه العلاقة تتحدد من المعادلة التالية:

$$(\text{معامل الرطوبة القديمة} = ٠,٨ \times \text{معامل الرطوبة الجديدة} - ٤٨)$$

التيارين القصلي لفاعلية الرطوبة،

من المهم معرفة فصلية المناخ حين نقوم بدراسة المناخ في منطقة من المناطق. فكثيراً ما يتعاقب فصل الجفاف مع فصل الرطوبة، وإذا كانت هناك مناطق يسيطر عليها الجفاف باستمرار فلا شك أن هناك فصلاً يكون أقل جفافاً من غيره.

ولقد استخدم ثورنثويت معاملات الجفاف والرطوبة لتحديد فصلية المناخ؛ ففي المناخات الرطبة والتي تكون معامل الرطوبة فيها أكثر من الصفر، استخدم مؤشر الجفاف لمعرفة نوعية العجز المائي الموجود، أما في المناخات الجافة (C, D, E) التي

ينخفض فيها معامل الرطوبة عن الصفر، فعد ثورنثويت مؤشر الرطوبة خير مايدل على نوعية الفائض المائي. وأشار ثورنثويت إلى فصلية الرطوبة برموز معينة.

وفيما يلي التدرج التصنيفي لفصلية الرطوبة الذى وضعه ثورنثويت، فى حالة المناخات الرطبة والجافة، مع الحدود المناخية الفاصلة بين نوع وأخر (جدول ١-٣).

(جدول ورقم ١-٣)

التدرج التصنيفي لفصلية الرطوبة والأنواع المناخية المرتبطة بها

١- المناخات الرطبة A.B.C ₂	الرمز	مؤشر الرطوبة
كمية العجز فى المياه قليلة أو معدومة	r	صفر إلى ١٦,٧
عجز متوسط فى الصيف	S	١٦,٧ - ٣٣,٣
عجز متوسط فى الشتاء	w	١٦,٧ - ٣٣,٣
عجز كبير فى الصيف	S ₂	أكثر من ٣٣,٣
عجز كبير فى الشتاء	W ₂	أكثر من ٣٣,٣
٢- المناخات الجافة C ₁ .D.E	الرمز	مؤشر الرطوبة
كمية المياه الزائدة قليلة أو معدومة	d	صفر إلى ١٠
زيادة متوسطة فى الشتاء	S	١٠ - ٢٠
زيادة متوسطة فى الصيف	W	١٠ - ٢٠
زيادة كبيرة فى الشتاء	S ₂	أكثر من ٢٠
زيادة كبيرة فى الصيف	W ₂	أكثر من ٢٠

وهكذا يتضح أن هناك عشرة أقاليم مناخية تبعاً لفصلية الرطوبة.

(٢) القيمة الضلعية لدرجة الحرارة،

يعد ثورنثويت طاقة التبخر/ النتج مقياساً لفاعلية الحرارة من جهة، وللترابط ما بين درجة الحرارة ودائرة العرض من جهة أخرى، فإن طاقة التبخر/ النتج تصحح كما

ذكرنا سابقاً بالنسبة لطول النهار. ولما كانت فاعلية نمو النبات لا تتوقف فقط على درجة الحرارة، ولكنها ترتبط ارتباطاً وثيقاً بكمية الماء اللازمة لتحقيق نمو أفضل، فإن فاعلية الحرارة تقاس بالوحدات المستعملة نفسها في قياس فاعلية للرطوبة.

وبوجه عام فإن أقل التباينات الفصلية في درجة الحرارة تتمثل في المنطقة الاستوائية التي يزيد متوسط الحرارة السنوي فيها على ٢٣°م، وكلما ابتعدنا عن خط الاستواء تبرز الاختلافات الفصلية بشكل واضح ويتدنى المتوسط السنوي للحرارة لينخفض دون ٢١° عند الحد الجنوبي للنطاق المعتدل الذي يتباطأ فيه النمو شتاء وتزداد الحاجة للماء في فصل الصيف. ونتيجة للحسابات التي قام بها ثورنثويت في النطاق الاستوائي، فإن طاقة التبخر/ النتج (فاعلية الحرارة) بلغت هناك ١١٤ سم، ولقد عدت هذه القيمة على أنها الحد الفاصل بين المناخات الحارة والمعتدلة.

وتشابه الأنماط المشتقة من فاعلية الحرارة تلك الأنماط المستمدة من معامل الرطوبة حتى أنه يشار إليها برموز مشابهة. وفيما يلي تمساخية التي حدها ثورنثويت، تبعاً لقيم فاعلية الحرارة (طاقة التبخر/ النتج) في تصنيفه الجديد لعام ١٩٤٨ (جدول ٤-١).

جدول رقم (٤-١)

القيمة الفعلية لدرجة الحرارة والأنماط المناخية لثورنثويت عام ١٩٤٨

الرمز	النمط المناخي	طاقة التبخر/ النتج بوصة	القيمة الفعلية لدرجة الحرارة سم
A	حار	أكثر من ٤٤,٨٨	١١٤,٥
B ₄	B } معتدل	٣٩,٢٧ - ٤٤,٨٨	٩٩,٧ - ١١٤,٥
B ₃		٣٣,٦٦ - ٣٩,٢٧	٨٥,٥ - ٩٩,٧
B ₂		٢٨,٠٥ - ٣٣,٦٦	٧١,٢ - ٨٥,٥
B ₁		٢٢,٤٤ - ٢٨,٠٥	٥٧,٠ - ٧١,٢
C ₁	C } بارد	١٦,٨٣ - ٢٢,٤٤	٤٢,٧ - ٥٧,٠
C ₂		١١,٢٢ - ١٦,٨٣	٢٨,٥ - ٤٢,٧
D	تندلر	٥,٦١ - ١١,٢٢	١٤,٧ - ٢٨,٥
E	مستقيح	أقل من ٥,٦١	أقل من ١٤,٧

التركز الصيفي للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة

بما أن طول اليوم يكون ثابتاً إلى حد ما في شهور السنة المختلفة، وحيث أن درجة الحرارة قليلة التغير، فإن الاختلافات الفصلية في طاقة التبخر/النتح تكون قليلة جداً في المنطقة الاستوائية. ولذلك فإن التبخر/النتح في أي ثلاثة أشهر متتالية تكون مساوية ٢٥٪ من طاقة التبخر/النتح السنوية. ومن جهة أخرى فإن فصل النمو في المناطق القطبية يكون قصيراً ومحصوراً في أشهر الصيف الثلاثة، ولذلك فإن طاقة التبخر/النتح في تلك الأشهر تساوي ١٠٠٪ من الطاقة السنوية، وبين هذين الحدين، فإن طاقة التبخر/النتح تتناقص من المناخات الحارة إلى المناخات المتجمدة (E) وأن الجزء الذي يكون مركزاً في فصل الصيف يتزايد بالاتجاه نفسه من ٢٥٪ إلى ١٠٠٪. ويبدو أن التركيز الصيفي للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة متناسب بصورة عكسية مع لوغاريتم طاقة التبخر/النتح السنوية، كما يظهر من المعادلة الآتية.

(التركز الصيفي للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة = $107,76 - 16,44 \times \text{لو طاقة التبخر/النتح السنوية (بوصة)}$)

كما يمكن أن يحسب التركيز الصيفي من العلاقة بين طاقة التبخر/النتح في الصيف والطاقة السنوية.

حيث:

التركز الصيفي للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة =

$$100 \times \frac{\text{طاقة التبخر/النتح في فصل الصيف}}{\text{طاقة التبخر/النتح السنوية}}$$

وبناء على ذلك ميز «ثورنثويت» بين أربعة أنماط مناخية رئيسية كل منها تحتوي على نسبة معينة من التركيز الصيفي، وهذه الأنماط المناخية هي كالآتي تبعاً لقيمة التركيز الصيفي (جدول: ١-٥).

هذا ومن الممكن أحياناً أن نجد التطابق مفقود ما بين النمط المناخي الناتج من التركيز الصيفي والنمط الناتج من الفاعلية الحرارية السنوية. فمثلاً نجد أنه في سان فرانسيسكو تبلغ طاقة التبخر/النتح فيها نحو ٢٧,٠٩ بوصة، ونسبة التركيز الصيفي تعادل ٣٣,٣٪، فالمناخ فيها يكون حاراً (a)، بينما يكون من النمط المعتدل الأول (B₁) بالنظر إلى فاعلية الحرارة السنوية، وسان فرانسيسكو مثال للمناخ البحري.

جدول رقم (١-٥)
التركيز الصيفي للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة
والأنماط المناخية لثورنثويت عام ١٩٤٨

الرمز	التمط المناخي	التركيز الصيفي للقيمة الفعلية لدرجة الحرارة %
a	حار	أقل من ٤٨,٠ %
b	معتدل ٤	٥١,٩ - ٤٨,٠
b	معتدل ٣	٥٦,٣ - ٥١,٩
b	معتدل ٢	٦١,٦ - ٥٦,٣
b	معتدل ١	٦٨,٠ - ٦١,٦
c	بارد ٢	٧٦,٣ - ٦٨,٠
c	بارد ١	٨٨,٠ - ٧٦,٣
d	تندلر	أكثر من ٨٨,٠

وتجدر الإشارة هنا إلى أن ثورنثويت قام في عام ١٩٥٥ بتقنيح تصنيفه الجديد لعام ١٩٤٨، مدخلاً بذلك عليه بعض التغييرات الطفيفة، ذلك أن تركز التعويض المائي بتغير درجته من مكان إلى آخر تبعاً لكمية الرطوبة الفصليّة في التربة والتي يلعب التبخر دوراً كبيراً في تحديد كميتها ولهذا أعطى الغطاء النباتي ونوع التربة أهميته في ذلك وألغى عنصر التعويض، بحيث أصبحت معادلته لحساب معامل رطوبة مكان ما، على الشكل التالي:

$$\text{معامل الرطوبة} = \frac{\text{المياه الزائدة - المعجز في المياه}}{\text{طاقة التبخر / النتج}} \times ١٠٠$$

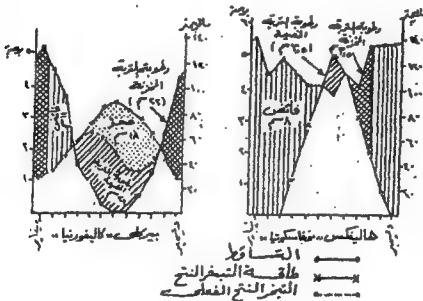
وهذا ما أدى إلى حدوث تغيير في حدود أقاليمه المناخية (أقاليم الرطوبة) بحيث أصبحت على الشكل التالي (جدول: ١-٦).

جدول رقم (١-٦)

معامل الرطوبة وضاقة التبخر / النتج والأنماط المناخية المرتبطة بهما

معامل الرطوبة	النمط المناخي	طاقة التبخر / النتج (سم)	النمط المناخي (فاعلية الحرارة)
أكثر ١٠٠	رطب جدا A	أكثر من ١١٤	A
٢٠ - ١٠٠	رطب (B ₁ -B ₄)	٥٧ - ١١٤	B ₁ -B ₄
٢٠ - صفر	شبه رطب C ₂ (مائل للجفاف)	٢٨٥ - ٥٧	C ₁ - C ₂
صفر إلى - ٣٣	شبه رطب C ₁ (مائل للرطوبة)		
٣٣ إلى ٦٧	شبه جاف D	١٤,٢ - ٢٨,٥	D
٦٧ إلى - ١٠٠	جاف E	أقل من ١٤,٢	E

ومما لاشك فيه أن حساب التوازن المائي لمنطقة ما يعطى الدليل الصحيح عن امكانات تلك المنطقة الاقتصادية (شكل ١-٣).



(شكل رقم ١-٢) : توازن الرطوبة في بعض محطات العالم حسب مفاهيم ثورنثويت

يتضح من العرض السابق لتصنيف «ثورنثويت» أنه يعطى وزناً أكبر للأحوال السائدة في فصل الصيف، حيث أن قيمة طاقة التبخر/ النتج تزداد زيادة كبيرة إذا ارتفعت درجات الحرارة، بينما تصل طاقة التبخر/ النتج إلى الصفر، إذا انخفضت درجة الحرارة إلى درجة مئوية واحدة، ومعنى هذا أن الصيف هو مركز الثقل في النتائج النهائية بخاصة في العروض المعتدلة حيث ترتفع حرارة الصيف في حين تنخفض حرارة الشتاء انخفاضاً كبيراً إلى ما دون الصفر. ومن عيوب هذا التصنيف أنه في المناطق التي يسقط مطرها في الصيف إذا قورنت كمية المطر بكمية التبخر/ النتج فإن العجز سيكون قليلاً لأن المطر يزداد في الوقت نفسه الذي تزداد فيه كمية التبخر/ النتج وبذلك يقل العجز أو ينعدم.

وتبدو المناطق ذات المطر الصيفي أكثر رطوبة في حقيقتها تبعاً لمفاهيم ثورنثويت كما هي الحال في شرق الولايات المتحدة الأمريكية. وعكس هذا تماماً يحدث في المناطق ذات المطر الشتوي، إذ أن الحرارة ترتفع في فصل الصيف، وترتفع قيمة التبخر/ النتج تبعاً لذلك، بينما لا يوجد مطر، وهذا يؤدي إلى زيادة العجز المائي وبالتالي تبدو المناطق ذات المطر الشتوي أكثر جفافاً من حقيقتها.

وبمقارنة تصنيف كوين مع تصنيف ثورنثويت، نجد أن كوين يعتقد أن القيمة الفعلية للمطر تكون أكثر إذا سقط في فصل الشتاء عندما تنخفض الحرارة ويقال التبخر والعكس صحيح. بينما نجد أن ثورنثويت يعتقد أن المناخ يكون رطباً إذا توافق فصل الحرارة المرتفعة مع فصل المطر الغزير، أو بمعنى آخر أن المناخ يكون رطباً إذا سقط فيه المطر عندما تشتد الحاجة إليه. غير أنه مهما قيل عن تصنيف ثورنثويت وما به من عيوب فانه لا شك يتفوق على تصنيف كوين ومعظم التصنيفات المناخية الأخرى، إذ أنه يعطى قيمة مستمرة فوق سطح الأرض للحرارة والرطوبة، علاوة على أنه ينتج عنه أقاليم عديدة على حين يعطى تصنيف كوين ثلاثة أقاليم فقط في حالة الرطوبة.

وبالإضافة إلى ما سبق فإن العناصر التي أعتمد عليها ثورنثويت في تصنيفه تعطى فكرة واضحة عن التوازن المائي، كما توضح بجلاء درجة الكفاية المائية للمحاصيل الزراعية، وذلك من خلال تحديد كمية الفائض المائي والعجز في كمية المياه، وهذا يساعد على معرفة درجة التعويض في مناطق المطر الفصلي وبالتالي مدى قدرة نجاح زراعات معينة في فصل الجفاف تبعاً لدرجة التعويض. ومهما يكن من أمر فإن فكرة التوازن المائي التي وضعها ثورنثويت تعد من الأركان الهامة في الدراسات الهيدرولوجية الحديثة كما تعد أساساً للقيام بأى تخطيط اقتصادى زراعى.

من هذا العرض والمقارنة بين بعض التصنيفات المناخية، يتضح لنا أنه لا يوجد تصنيف واحد متكامل يفي بجميع الأغراض التي تتطلبها الجغرافيون. فنحن نحاس في تصنيف بسيط مثل تصنيف كوبن، وتصنيف يعتمد على عناصر المناخ بالتفصيل مثل تصنيف ثورنثويت. وتصنيف غير معقد بحيث يعطى نتائج دقيقة مثل تصنيف بيلي. غير أن أحداً لم يتوصل حتى الآن إلى مثل هذا التصنيف المتكامل. إلا أن الأمل مارال معقولاً لتحقيق هذا الهدف في المستقبل إذا استمرت الدراسات المناخية في تقدمها في هذا الفرع من فروع علم المناخ.

وبناء على العرض السابق لأسس التصنيف المناخى وطرقه والتصنيفات المناخية المشهورة يتضح لنا أن أنواع المناخ المختلفة (شكل رقم ٤: ١) هي نتيجة لنظام الحرارة والرطوبة وتوزيعاتهما الفصلية (شكل رقم ٥: ١) وما يرتبط بذلك من غطاء نباتى طبيعى. وتبعاً لذلك فإنه يمكن أن نقسم العالم إلى أربعة أقاليم مناخية رئيسية تنقسم كل منها إلى أقاليم مناخية فرعية مميزة وذلك على النحو التالى.

أقاليم العالم المناخية

أولاً: الأقاليم الإستوائية والمدارية:

وهذه تتميز بارتفاع درجة الحرارة طوال العام، كما أنها تخضع لسيطرة الكتل الهوائية الإستوائية والمدارية. وتشمل هذه الأقاليم كل المناطق الواقعة بين نطاقى الضغط المرتفع فيما وراء المدارين ونطاقى الضغط المنخفض الإستوائى ونطاق هبوب الرياح التجارية الشرقية. وأهم الظواهر المناخية لهذه الأقاليم هي شدة الإشعاع الشمسى طوال العام. ويشمل هذا النوع من الأقاليم الآتية:

١- المناخ الإستوائى أو المدارى الدائم الممطر.

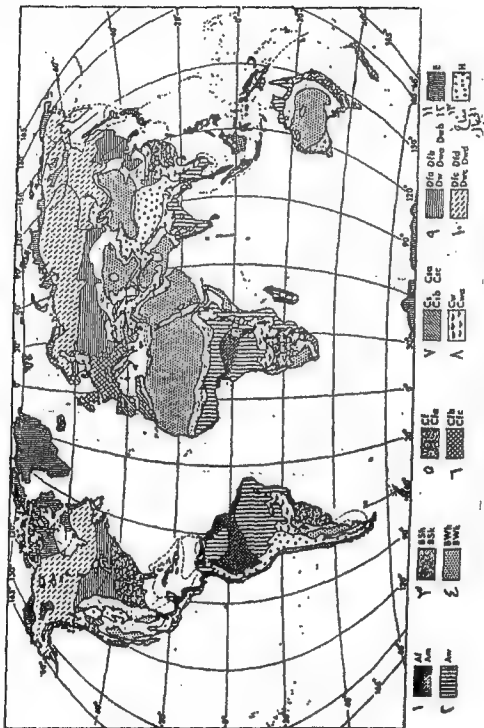
٢- المناخ المدارى ذو الفصل للجاف.

٣- المناخ الموسمى.

٤- المناخ المدارى الجاف وشبه الجاف.

ثانياً: الأقاليم دون المدارية والمعتدلة:

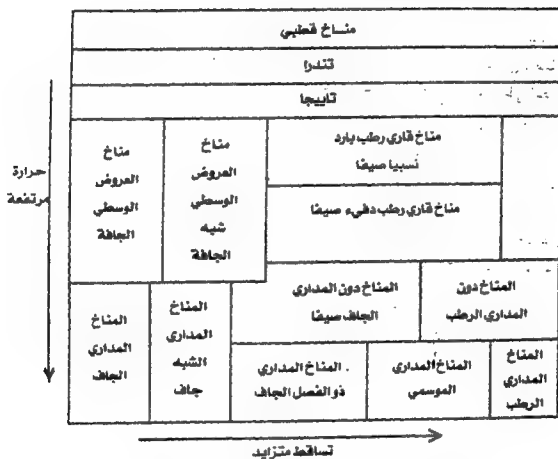
تتمثل هذه الأقاليم فى العروض الوسطى فى نصفى كوكب الأرض والتي تتميز بتقابل الكتل الهوائية الدفينة بالكتل الباردة، وفصول السنة فيها توصف بأنها دفيئة أو باردة أكثر من كونها رطبة أو جافة. كما تتميز بالتغيرات الحرارية من فصل لآخر



شكل رقم ١-٤) توزيع الأقاليم المناخية في العالم (الأرقام تدل على الأنواع المناخية الواردة في مئين هلتا الفصل).

وكذلك بكملة الأعاصير التي تسبب الأمطار. ويسيطر على هذه الأقاليم الكتلة الهوائية القطبية القارية والبحرية. ويشمل هذا النوع المناخى الأقاليم الفرعية الآتية:

- ٥- المناخ دون المدارى الجاف صيفاً.
- ٦- المناخ دون المدارى الرطب ٧- المناخ البحرى.
- ٨- مناخ العروض الوسطى الجاف وشبه الجاف.
- ٩- المناخ القارى الرطب الدافىء صيفاً.
- ١٠- المناخ القارى الرطب البارد نوعاً صيفاً.



(شكل رقم ٥٠-١) العلاقة بين التساقط والحرارة وتوزيع الأقاليم المناخية

ثالثاً: أقاليم المناخ البارد:

أهم خصائص هذا المناخ هو البرودة نتيجة لإختلافات فى الخصائص الحرارية والتساقط، كما أن أقاليم هذا المناخ تقع تحت تأثير الكتل الهوائية الباردة لقربها من القطب. وأنواع هذا المناخ ثلاثة وهى:

١١- المناخ دون القطبى (القابيجا)

١٢- التندرا.

١٣- المناخ القطبى.

رابعاً: الأقاليم التي يسيطر عليها عامل الارتفاع (مناخ المرتفعات)

يسود هذا النوع من المناخ فى المناطق الجبلية العظيمة الارتفاع مثل السلاسل الجبلية الالتوائية (جبال الروكى والانديز، الهيمالايا والألب) ومايتصل بها من هضاب وسلاسل ألبيّة حديثة. وأهم خصائص هذا النوع من المناخ هو تنوع نطاقاته على الجبال وينوقف ذلك على إرتفاع الجبال ومواقعها بالنسبة لدوائر العرض ونظام التضاريس المحلية.

والتقسيم السابق يعتمد كما هو واضح اعتماداً كبيراً على درجة الحرارة والتساقط وتوزيعها الفصلى وعلاقة ذلك بالقطاء النباتى الطبيعى، وعلى الرغم من أن مثل هذا التقسيم يعتمد تحديده على عمليات حسابية دقيقة تحدد العديد من الأنواع المناخية الفرعية إلا أنه يساعدنا على التعرف ودراسة أنماط المناخ الرئيسية مما يؤكد وجود نسق أو نظام لأنواع المناخ على سطح كوكب الأرض.

الفصل الثاني

المناخ التفصيلي

المناخ التفصيلي

مقدمة

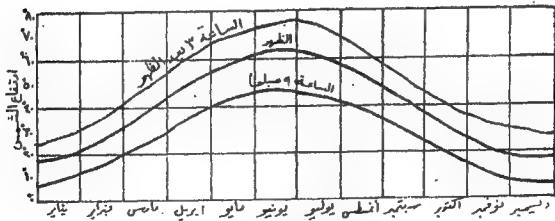
لقد ناقشنا في الجزء الأول من هذا المؤلف «الأصول العامة في الجغرافية المناخية - مبادئ وأسس نظرية، أنماط المناخ العام على مقباس كوكب الأرض من خلال علاقة المناخ العام Microclimate بالظروف القياسية التي تتعرض لها أية منطقة بهدف التقليل من آثار البيئة المحلية بتفاصيلها الدقيقة إلى أقل ما يمكن، وكان استعراضنا لأهم العناصر المناخية التي لها أهمية كبيرة في كافة مظاهر البيئة العامة، والتي تنظم خطوطها العامة. ويعد ذلك الاستعراض منطلقاً لدراسة مدى تأثير البيئة بتلك العناصر جملة وتفصيلاً، غير أنه بالنسبة لمعظم القضايا التطبيقية في الجغرافية المناخية فإن معرفة المناخ العام لم تعد كافية، ذلك أن المعدلات التي يعتمد عليها المناخ العام لا تعطي صورة دقيقة لما هو موجود فعلاً في الطبيعة، حيث أنها تهمل كثيراً من التفاصيل المهمة التي لها أثراً واضحاً على حياة النبات والإنسان والحيوان، خاصة وأن المعلومات التي يقدمها المناخ العام هي نتائج قياسات أجهزة الرصد الموضوعة على ارتفاع ١.٥ متر فوق مستوى سطح الأرض، إلا أن الظروف الجوية في المدى المحدود الذي يوجد فوق سطح التربة له أهمية كبيرة من الناحيتين النظرية والتطبيقية، وليس المقصود من ذلك أن المناخ التفصيلي يهتم بدراسة هذا المجال السحود، بل نجده يتعدى ذلك بكثير في المحلات العمرانية والحقول الزراعية.

ومن المعروف الآن أن الاختلافات في الظروف المحلية يمكنها أن تخلق مناخات متميزة ضمن المناخ العام السائد؛ ففي نهار حار، يمكن أن تتضح الصورة لو قارنا الحالة فيما إذا كنا سائرين على سطح اسفلتي في منطقة حضرية بالحالة التي تبدو أثناء وقوفنا على أرض عشبية. فالانعكاس والاتصاخص والسعة الحرارية وصفات طليعية أخرى في البيئة المتنوعة تلعب كلها دوراً رئيسياً في تحديد المناخ التفصيلي Microclimate السائد. فدراسة مناخ المدن أو مناخ التجمعات السكنية، ومناخ الغابات والمزارع مهما قل حجم كل منها. ومناخ سطح التربة، ومناخ أي وحدات مكانية لها ظروف محلية (الوادي، الجبل) كل ذلك يدخل ضمن دراسة المناخ التفصيلي. حيث يهتم المناخ التفصيلي بدراسة الأحوال المناخية التفصيلية لمساحات صغيرة ومحدودة، وذلك على مستوى المجال المتأثر بتفاصيل معالم سطح الأرض الطبيعية والبشرية المتباينة.

ويعد الكتاب الذى نشره Geiger لأول مرة عام ١٩٢٧ بعنوان «المناخ قرب سطح الأرض The Climate Near the Ground»، والذى أعيد طبعة عدة مرات، ونقل الى أكثر من لغة، من أهم ما كتب عن المناخات التفصيلية رغم قدمه .
وفى هذا الفصل سنعالج العناصر المناخية الأكثر أهمية فى المناخات التفصيلية واختلافاتها باختلاف الظروف المحلية للمنطقة، وما له من أهمية فى الجوانب التطبيقية المختلفة .

١- الإشعاع، سطوع الشمس، والحرارة،

تتأثر كمية الأشعة الشمسية وشدها التى يتلقها سطح جسم ما بزاوية سقوط هذه الأشعة الى ذلك الجسم . ففى نصف الأرض الشمالى مثلاً، نرى أن المنحدرات المواجهة للشمال تتلقى كمية من الأشعة أقل بكثير من تلك التى تتلقاها المنحدرات المواجهة للجنوب . فالمنحدر المواجه للشمال فى منطقة تقع على دائرة عرض ٥٠ درجة شمالاً، اذا ما كانت درجة ميل هذا المنحدر تزيد عن ٤٠ درجة، فإنه لا يتلقى أية أشعة شمسية مباشرة خلال فترة فصل الشتاء . وحتى أثناء فترة فصل الصيف فإن الأشعة الشمسية لا تسقط مباشرة على ذلك المنحدر إلا فيما بين الساعة التاسعة صباحاً والثالثة بعد الظهر (شكل رقم ١-٢) . ولقد استخدمت هذه المعرفة استخداماً ناجحاً فى قيام بعض الزراعات، وهذا ما يتضح فى وادى الراين حيث تقوم مزارع الكروم على المنحدرات الشديدة الميل المواجهة للجنوب والجنوب الغربى . ذلك أن ما يتلقاه سطح أفقى من الاشعاع الشمسى فى تلك العروض لا يكفى لنجاح زراعة هذا المحصول .



(شكل رقم ١-٢)

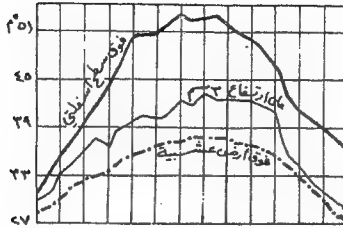
ارتفاع الشمس عند درجة عرض ٥٠ شمالاً . أثناء الظهيرة والساعة ٩ صباحاً و ٣ بعد الظهر

وبالإضافة إلى درجة الانحدار ودائرة العرض، فإن كمية الظل من الأجسام المحيطة تكون هامة أيضاً، ففي مدينة ذات شوارع ضيقة، نجد أن نمط الإشعاع يكون متبايناً ما بين شارعين في اتجاهين مختلفين، أحدهما ذو واجهة شرقية - غربية، والآخر ذو واجهة شمالية - جنوبية. وهكذا فإنه من الضروري معرفة الكثير من التفاصيل عن البيئة المحلية لمعرفة التباينات بين ظروفها المناخية. ويمكن أن تتم قياسات الإشعاع، إما بالقياس المباشر بالأجهزة المتوفرة، أو من خلال السجلات الخاصة بمحطة محلية بعد إجراء التعديلات بالوسائل الممكنة^(١). ومن المعروف أنه في بعض المناطق التي تتداخل فيها المحاصيل الزراعية بالأراضي الشجرية، فإن التوزيع الطبقي للأشعة يتغير بواسطة امتصاصه وانعكاسه من قبل المادة النباتية.

ويعتمد سطوح الشمس على نفس العوامل التي تتحكم في الإشعاع، والتي أشرنا سلفاً إليها. إلا أنه يجب أن نشير هنا إلى أن بعض الأحياء لها حساسية لطول موجات معينة من الطاقة الإشعاعية، تختلف عن تلك التي يتأثر بها نظر الإنسان.

وعلى الرغم من الارتباط الوثيق بين الحرارة والطاقة الإشعاعية، إلا أنها تختلف عن سطوح الشمس والضوء. وتتميز الحرارة في أنها تنتقل أفقياً مع كتل الهواء المتحركة، من منطقة شحنتها الإشعاعية أقل إلى منطقة ذات شحنة إشعاعية أكبر. وتغيرات الحرارة أفقياً أقل من تغيرات الإشعاع وذلك بفعل انتقال الحرارة السابق ذكره. وتعد ظواهر نسيم البر والبحر، ورياح القوهن، والرياح الهابطة من الأمثلة من اختلافات الحرارة بفعل الظروف المحلية. كما أن الظروف المحلية نفسها تؤثر على مدى فاعلية تلك الظواهر، فقد نجد مكان لا يبعد سوى كيلو مترات قليلة إلا أنه لا يتأثر بتلك الظواهر، وذلك بسبب تغير الظروف المحلية. وتنتقل الحرارة من مكان إلى آخر بطرق متعددة، بالتوصيل، أو بالإشعاع، أو بالحركات الهوائية. ويختلف التبادل الحراري ما بين سطح الأرض والهواء الملاصق له باختلاف حالة هذا السطح، وهذا ما يتضح فيما لو قارنا درجة الحرارة عند السطح وعند ارتفاع معين بالنسبة لسطحين أحدهما مغطى بالأسفلت، والآخر يغطيه غطاء عشبي أخضر وذلك أثناء النهار، فالفارق بين حرارة السطح وارتفاع ٣ سم عن السطح بلغ قرابة ٣٢°م بالنسبة للسطح الأسفلتي، وقرابة ١٢°م فوق الأرض العشبية (شكل رقم: ٢-٤).

(١) يمكن حساب قيمة الإشعاع الشمسي المباشر الواصل إلى سطح الأرض بالعلاقة التالية:
الإشعاع المباشر العمودي على سطح الأرض = الثابت الشمسي × لوط (معامل امتصاص الجو × طول مسار الإشعاع الشمسي في الغلاف الغازي).
حيث لوط = اللوغاريتم الطبيعي.



(شكل رقم ٢-٢)

تناقص الحرارة مع الارتفاع فوق سطحين
أحدهما مقطعي بالأسفلت والآخر مقطعي بالعشب

كما وتختلف حرارة طبقة الهواء القريبة من سطح الأرض على مدى مقدرة التربة على توصيل الحرارة الى الهواء، فإذا كانت قدرتها قليلة فإن سطح التربة يكون شديد الحرارة لاحتفاظه بمعظم أشعة الشمس التي يستقبلها. ولقد أجرى جيجر، دراسة لمكان قريب من مدينة ميونيخ بالمانيا لحصر عدد الأيام التي تزيد حرارتها عن ٢٥م على ارتفاعات مختلفة من سطح الأرض، فتبين له ما يلي:

عدد الأيام التي تزيد حرارتها عن ٢٥						الارتفاع من سطح الأرض (سم)
المجموع	أيلول	أب	تموز	حزيران	ايسار	
٥٥	٩	١٤	١٩	٨	٥	١٥٠
٥٦	١٠	١٥	١٩	٩	٦	١٠٠
٦٤	١٠	١٧	٢٠	١٠	٧	٥٠
٦٦	١٤	٢٢	٢٥	١٨	١٢	٥

ورحيت أن قدرة الهواء على توصيل الحرارة أقل من قدرة التربة، فان التربة المسامية أقل قدرة على توصيل الحرارة من التربة غير المسامية، كما أن الأرض المحروثة أقل قدرة على توصيل الحرارة من الأرض غير المحروثة.

٢- الرطوبة الجوية والتبخر،

تتأثر كمية بخار الماء المطلقة في الهواء بكمية المياه المتوفرة والممكن تبخرها. ففي المناطق النباتية والسطوح المائية - اذا لم تكون النباتات في حالة ذبول - فان الرطوبة تكون أكبر مما هي عليه في المناطق الجرداء. وعلى كل حال، فان كمية

المياه المتبخرة من النباتات أو ما يعرف بالنتح تعتمد على سلوك المسامات التي تكون أكثر نشاطاً في النهار منه في الليل. ذلك أن الماء المتبخر ينقص كثيراً في الليل إن لم يتوقف. ويحصر ماء الأرض الجاهز للتبخر في السنتيمترات العلوية القليلة من التربة، وهذا طبعا مصدراً آخر لبخار الماء بجانب المسطحات المائية والنباتات الخضراء.

ومهما كان مصدر بخار الماء، فإن لبخار الماء تأثير واضح على تبريد الهواء. ولذا فإنه على الرغم من أن الهواء يكون أبرد فوق المناطق المغطاة بالنباتات والمسطحات المائية، إلا أن الرطوبة النسبية تكون أعلى أيضاً. أما فوق المناطق الجرداء نسبياً، فرغم أن تبخر ماء التربة يستهلك بعض من الطاقة الاشعاعية، إلا أنه يبقى هناك جزء كبير منها يكفي لرفع درجة حرارة سطح التربة الى درجة عالية.

ومما تجدر الإشارة إليه، أنه رغم أن هناك كمية من الماء يمكن أن تتبخر، إلا أن الزيادة العامة في رطوبة الهواء الكلية تكون قليلة ما لم يحدث تحرك للهواء بسرعة منخفضة. وعندما تسود حالة ركود أو هدوء للهواء، فإن الرطوبة النسبية المرتفعة والتبريد الاشعاعي في الليل يؤديان الى تشكل الضبابية Mist فوق الحقول الزراعية والمناطق الرطبة الأخرى. وفي حال بلوغ الرياح سرعة تقترب من ١٥ كم/ساعة، فيحدث عندها اختلاط بدرجة كبيرة للهواء السفلي بالهواء العلوي، ونشر الرطوبة على مجال أوسع، مما يجعل تزايد الرطوبة النسبية محدوداً.

٢- حركة الهواء والتساقط

لقد ذكرنا سابقاً أن سرعة الرياح تزداد بالارتفاع عن سطح الأرض لأن عوائق السطح تقل أو تعتمد تأثيرها، كما ويمكن أن يعكس اتجاه الرياح أو يحدث تحول في اتجاه هبوبها بسبب مواجهة النبات أو حاجز تضاريسي شديد الانحدار. ومن الواضح أن عدد حالات ركود الهواء تقل مع الارتفاع، وتكون سرعة الرياح أشد أثناء النهار منها في الليل. ويحد الغطاء النباتي شأنه في ذلك شأن العوائق الأرضية الأخرى من سرعة الرياح، ويزداد سمك طبقة الهواء التي تتأثر بهذا العامل كلما ازداد ارتفاع النبات عن سطح الأرض، كما هي الحال في أراضي الأشجار العالية. والجدول التالي يوضح اختلاف سرعة الرياح في مستويات من طبقة نباتية.

الارتفاع (سم)	سرعة الرياح (م/ث)	
١٠	١.٠	بين جذوع الأشجار
٥٠	٣.٧	عند تيجان الأشجار
١٨٠	٩.٣	فوق مستوى الأشجار

وتلعب سرعة الهواء دوراً هاماً فى كثير من فروع علم المناخ التطبيقي، فهى تؤثر على تطبيق الرطوبة الجوية، ودرجة الحرارة، خاصة حرارة السطح الذى يحدث منه التبخر حيث يتم التبريد، كما تؤثر على التساقط. ولقد اشار جيكر Gieger، أنه بالنسبة لثلث - وهو بروز غير مرتفع بشكل يكفى لاجداث تحولت ثرموديناميكية - فإن المنحدر المواجه للرياح يتلقى كمية مطر أقل من الجانب المعاكس للرياح، لأن سرعة الرياح تزداد على الجانب المواجه للرياح وخاصة عند قمة التل، أما على الجانب الآخر للتل فإن سرعة الرياح تقل، ولذا فإن قطرات الماء تحمل بعيداً بواسطة الرياح الشديدة السرعة على الجانب المواجه حتى تصل إلى الجانب الآخر حيث الرياح أقل سرعة، ومن ثم يزداد سقوط قطرات الماء، وهذا طبعاً عكس ما يحدث على النطاق الاقليمي. والأدلة على ذلك كثيرة فالثلج الساقط يزداد على جوانب الكتل الصخرية والأشجار والمباني غير المواجهة للرياح.

وهناك فرق كبير بين الأمطار الساقطة على أراضي غابية وتلك الساقطة على أراضي مجاورة خالية من النباتات. ففى داخل المنطقة الغابية قد يستمر سقوط المطر مدة زمنية أطول من مدة سقوط المطر الحقيقية، ذلك أن ماء المطر يستغرق فترة طويلة حتى يتمكن من اختراق المظلة التاجية. حيث يتخذ عندها شكل قطرات كبيرة تسقط من الأوراق، أو تنساب بشكل جريان مائى منحدر على أغصان الأشجار وجذوعها حتى تصل سطح الأرض. وحتى يتم تقدير كمية المطر الساقطة بشكل دقيق فى أراضي شجرية، يجب وضع مقياس المطر فوق المظلة التاجية، ويحول الماء المتجمع عبر انبوب الى وعاء موضوع عند مستوى الأرض. وعلى الرغم من أن طريقة القياس هذه تعطى صورة دقيقة عن كمية التساقط المطرى الفعلية، إلا أنها لا توضح حالة التساقط المطرى ضمن الأشجار الغابية.

التعديلات المناخية

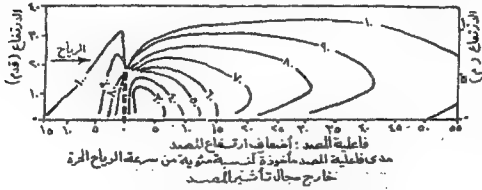
لقد تمكن الانسان من تعديل الظروف المناخية فى مناطق صغيرة نسبياً. وذلك بخلق ظروف مناخية جديدة أكثر ملائمة من الظروف السائدة فيها طبيعياً، ويتم ذلك من خلال تطبيق الطرق الخمسة التالية: ١- مصدات الرياح، ٢- تقليل كمية التبخر، ٣- التساقط الاصطناعى (استمطار السحب)، ٤- الوقاية من الصقيع، ٥- البيوت الزجاجية. وسنناقش فيما يلى الطرق الأربعة الأولى، أما الطريقة الخامسة فسيتم الحديث عنها فى فصل آخر من هذا الكتاب.

١- مصدات الرياح،

تعد محاولة الوقاية من الرياح المؤذية باقامة حاجز واق (مصد) أولى المحاولات

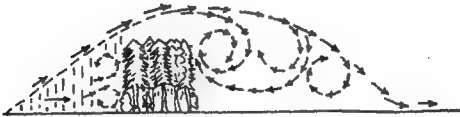
التي أوجدها الانسان لتعديل ظروف الطقس. ولقد اثبتت تلك المحاولات فاعليتها في ضبط الثلج المنجرف، والتقليل من ضغط الرياح على الأجسام الواقعة على مسافات معينة من أقرب مصدر، كما أنها تحد من انجراف التربة وسفى الرمال.

وتتناسب فاعلية المصدر (الواقى) طرديا مع ارتفاعه (شكل رقم: ٢-٣)، فإذا كان



(شكل رقم: ٢-٣) مدى فاعلية مصدات الرياح

ارتفاع حزام الأشجار H فإن المسافة التي يظهر تأثيره خلالها في خفض سرعة الرياح تعادل 40 مرة ارتفاع الأشجار $(H \times 40)$ ، في حين نجد أنه لمسافة تبلغ خمسة أضعاف ارتفاع المصدر $(H \times 5)$ تسود تقريبا حالة من الركود الهوائى، مع وجود بعض الحزركات الدوامية للبرانية (شكل رقم: ٢-٤). وبالتطبع، فإن فاعلية الحزام الواقى تكون أكبر كلما كان يشكل زاوية قائمة مع اتجاه الرياح السائدة. ولهذا السبب يجنب معرفة الاتجاه السائد للرياح فى الموقع المراد وقايته.



(شكل رقم: ٢-٤) عملية تشكل الدوامات الهوائية خلف المصدات

وإذا كان الحزام الواقى يقلل من سرعة هبوب الهواء، فإنه أيضا يؤدي إلى زيادة الظل للمحاصيل القريبة منه. كما أنه يحدث تغييراً فى كمية التساقط خاصة فى حالة الأمطار الآتية من الاتجاه السائد للرياح، كما يؤدي إلى تغييرات فى كمية المياه

المتبخرة من المحاصيل الزراعية والقرية - إلا أنه لا يمكن القول ما اذا كان الحزام برجه عام سيسبب زيادة أو نقصا في الكميات المتبخرة، إذ أنه قد يودى إلى الزيادة أحيانا، وإلى النقصان أحيانا أخرى حسب الظروف العامة السائدة سواء التي يخلقها وجود المصد أو الموجودة مسبقاً - ويمكن أن تستخدم الأحزمة الواقية لحماية مناطق محدودة - كالحقول أو البساتين - من خطر العواصف الثلجية ومن تراكم الثلج، ولذا يجب الأخذ في الحسبان الاتجاهات المحتملة التي تهب منها العواصف الثلجية أثناء إقامة المصد، وإلا فإن وجود الأشجار الواقية سيزيد من تراكم الثلج في أمكنة غير متوقعة.

ويمكن أن يستخدم الأشجار الواقية لتظليل المحاصيل الزراعية البانعة، وحمايتها من أشعة الشمس الشديدة والمؤدية خلال مراحل معينة من نموها، ومثل هذا التظليل يكون عملياً بالنسبة لمزارع الشاي والبن، غير أن بعض التجارب أشارت الى أنه ليس ضروريا. غير أن المصنذات يمكن أن تستخدم كملاجئ للحيوانات وقت الحرارة الشديدة. ولقد أكدت التجارب التي أجريت على محاصيل رراعية عدة أملت لها الحماية بواسطة مصذات رياح إلى زيادة في الانتاج بنسب لا تقل عن ١٠ ٪. ونصل أحيانا إلى ٢٠ ٪ فأكثر.

٢- تقليل كمية التبخر

ينجم عن التبخر فقدان كميات كبيرة من الماء الى الجو، وهذا ما يوضحه المثال الثاني؛ ان تبخر ٤٠ سنتيمتراً من الماء في السنة من بركة مساحتها عشرة آلاف متراً مربعا يعنى خسارة مقدارها ٤ آلاف متراً مكعباً. ولهذا كان من الضروري البحث عن طريقة ما لتقليل كمية الفاقد بالتبخر من المناطق التي تحتوى على فائض مائى عن حاجتها. وكانت فكرة تعويم السطح بطريقة من مركب أحادى الوزن غير ضار موضع نقاش منذ قرابة ٤٠ سنة مضت. إلا أنه فى ٤٠ - ٤٥ سنة الماضية أجريت العديد من التجارب التي يستخدم فيها الكحول السئلى، وهو مزيج من الكربونات الهيدروجينية الفثائية والسداسية. ويعد هذا المركب غير ضار تقريباً، إلا أن ثوتر سطحه منخفض، حيث نجده يتحطم عند صغط غير كبير نسبياً. وتبدو هذه الصفة الفيزيائية للمركب مشكلة حقيقية أكدتها التجارب التي تمت فى شرق أفريقيا، حيث لوحظ تكسر القشرة الكيميائية عندما زادت سرعة الرياح عن ٥ كيلومتر/ساعة فوق مستوى ٣٥ سنتيمتراً من سطح الماء. ولكى يحافظ على المحلول من عدم التكسر ينبغى رشه باستمرار بالكبروسين. غير أن تغير اتجاه هبوب الرياح مشاكل اضافية، حيث يجب تغيير مكان الرش ما لم يكن الرش شاملاً كل محيط البركة. ويسبب تكلفة المركب الكيميائى فإنه

من غير المرغوب فيه اقتصاديا الرش فوق المحلول، إلا في حال الضرورة، بالإضافة إلى أن ازدياد الضغط على السطح الجانبي يسبب ضياع المسحوق مما يستوجب اشراقا دائما على عملية الرش من قبل أشخاص متدربين تدريباً كافياً.

ولقد أكدت تجارب المعملية التي تمت على أحواض تبخر صغيرة في الطبيعة، أنه بالإمكان توفير قرابة ٧٠٪ من الماء الممكن فقده بالتبخّر، إلا أن التجارب الحقلية التي تمت على مسطحات مائية كبيرة تقدر التوفير بعشر الرقم السابق تقريباً. وهكذا يمكن القول أن الطريقة السابقة عملية في حال السطوح المائية الصغيرة التي تصل مساحتها إلى ألف متر مربع، حيث يمكن التقليل من سرعة الهواء باقامة مصدات رياح، إلا أنه في المسطحات الكبيرة يلزم استخدام بعض المواد الكيميائية ذات التوتر السطحي الأكبر.

٢- التساقط الاصطناعي (استمطار السحب):

ليس شرطاً أن يحدث التساقط في حالة وجود سحب في السماء، ذلك أنه كثيراً ما نرى سحب في السماء من أنواع مختلفة إلا أنها غير ممطرة. ولذا فقد قامت محاولات عديدة بهدف اسقاط الأمطار من تلك السحب. ويتم ذلك بإدخال نويات اصطناعية إلى السحب المناسبة مما يساعد على اطلاق السحب لمحتواها من الماء. ولقد ذكر ماسون (Mason ١٩٥٧)، أن العجز في العوامل الملائمة للتساقط في بعض السحب يمكن أن تعالج ببذرها (حقنها) بثاني أكسيد الكربون الصلب، أو بأيود الفضة، أو بقطرات ماء، أو بلويات هيجروسكوبية كبيرة (كملاح الطعام). فثاني أكسيد الكربون الصلب أو أيود الفضة ينتجان بلورات جليد، حيث يقومان بدور نويات تجمد، بينما تقوم قطرات الماء أو النويات الهيجروسكوبية - كما في بودة الملح الناعمة الجافة - بعمل نويات تكاثف. ولقد أثبتت النويات الهيجروسكوبية قاعليتها في السحب الدافئة، تلك السحب التي تكون درجة حرارتها فوق درجة التجمد.

وهناك طرق عديدة تستخدم لحقن السحب بالنويات المختلفة، ومن هذه الطرق:

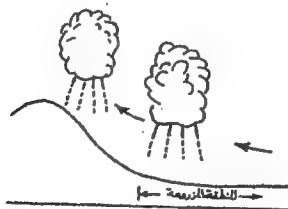
أ - استخدام موائد نارية: مما يجعل الهواء الساخن يصعد للأعلى حاملاً الجزئيات المحقون بها.

ب- استخدام قنابل حرارية موقوتة تطلقها الصواريخ بحيث تفجر تلك القنابل عند قاعدة السحابة أو بقرىها. والسبب الذي دعى إلى اختيار قاعدة السحابة لكي يتم عندها انفجار القنابل الحرارية الحاملة للنويات، هو أن التيارات الصاعدة تكون نشيطة هناك بشكل يسمح لجزئيات الحقن بالدوران ضمن جسم السحابة.

ج- يمكن أن يتم حقن السحب مباشرة بواسطة الطائرات.

ويعد استخدام الطائرات من أفضل الطرق حيث أن لها ميزات حسنة، حيث أن المشرف على عملية الحقن يتأكد من أن إطلاق الجزيئات تم في المكان الصحيح. وتختلف نتائج هذه الطرق بسبب صعوبة الحكم عما إذا كانت عملية الحقن قد سببت التساقط، أو إذا ما كان المطر سيسقط بشكل طبيعي. ولهذا يجب إخضاع نتائج التجارب للتحليل الإحصائي للحكم على دقة النتائج. فبعض التجارب أثبتت حدوث زيادة في كمية التساقط، بينما البعض الآخر لم تظهر تغيرات هامة في التساقط، حتى لنجد تجارب أخرى كان محصلتها حدوث تناقص. ويوجه عام فأن نسبة الزيادة في كمية التساقط نتيجة عملية الحقن لا تزيد عن ١٠٪ في أحسن الأحوال.

ولقد أظهرت التجارب التي تمت في شرق أفريقيا إلى أن عملية الحقن أدت إلى تسريع عملية التساقط بحدود ١٠ دقائق في جالة السحب التي على وشك البدء في التساقط. ولعملية التسريع هذه أهمية كبرى عندما تكون نتيجتها حدوث التساقط فوق السهول المزروعة بدلا من حدوثه فوق الجبال غير المزروعة (شكل رقم: ٥-٢).



(شكل رقم: ٥-٢)

تسريع سقوط الأمطار بيدز نوايات التكاثف في السحب

٤ - الوقاية من الصقيع

نمى نموذجان من الصقيع؛ الصقيع الإشعاعي، والصقيع الانتقالي Advection. ويحدث الصقيع الإشعاعي (أو ما يعرف بالصقيع الأبيض) في حالة السماء الصافية والجو الجاف والهادئ، حيث تفقد الأرض والهواء حرارتهما بالإشعاع إلى الفضاء أثناء الليل البارد. أما النموذج الثاني من الصقيع وهو الصقيع الانتقالي - والذي يعرف بالصقيع الأسود - فيحدث في حالة انخفاض درجة الحرارة إلى ما دون درجة التجمد نتيجة مرور كتلة هوائية باردة فوق منطقة ما.

ويحدث الصقيع الانتقالي على مقياس المناخ العام، ولذا فإن جهود الإنسان ضده والوقاية منه لم يكتب لها النجاح. أما في حالة الصقيع الإشعاعي، فهناك طرق متعددة للوقاية منه، ومن هذه الطرق: (١) بما أن الشرط الرئيسي لحدوث مثل هذا الصقيع هو وجود سماء صافية خالية من السحب مما يساعد على فقد كبير للحرارة، لذا فإن السحب الاصطناعية من الدخان مثلاً يمكن أن تكون بمثابة مظلة تغطي المنطقة المراد وقايتها، مما يحد من الفاقد الحرارى ويمنع حدوث الصقيع. وتستخدم هذه الطريقة الكيروسين الدخاني الرخيص، وذلك بحرقه فى أواني دخانية حيث تغطي المنطقة موضع الحرق المستمر بسحابة دخانية سوداء - رمادية. (٢) مادام التبريد الإشعاعي يتمركز بالقرب من مستوى سطح الأرض، وبما أن درجة الحرارة عند مستوى ٢٠ متراً تقريباً فى الجو تكون أكبر، حيث يشير هذا الوضع الى طبقة ثابتة للجو، فالهواء الأبرد فى الأسفل والهواء الأكثر حرارة فى الأعلى. لذا يجب إحداث عملية مزج اصطناعى عن طريق اسقاط الهواء الحار فى الأعلى، وذلك باستخدام مراوح ضخمة تقوم بخلط دائم للهواء الحار العلوى مع الهواء الأبرد الأسفل بحيث يمكن ذلك من تدفئة الطبقات فى الأسفل ويمنع حدوث الصقيع. (٣) حيث أن الهواء السطحي والنبات يفقدان الحرارة عن طريق الإشعاع، لذا فإنه من الممكن استخلاص الحرارة من مصادر أخرى وتزويد الهواء السطحي بها مما يمنع حدوث الصقيع. واحدى الطرق المجربة حالياً، تقوم على رش النباتات بقطرات ماء دقيقة. وبما أن سطح النباتات يكون أقل حرارة بسبب الفاقد بالإشعاع، لذا فإن قطرات الماء الدقيقة تتكثف ومن ثم تنطلق الحرارة الكامنة فى تلك القطرات أثناء تكاثفها، وعندما تتجمد تلك القطرات فإن الحرارة المنطلقة تزداد. ويجب أن نلفت الانتباه الى المخاطر التى تنجم عن استخدام كميات غير محددة من الماء، اذ يمكن أن يتشكل الجليد بكثيرة بحيث يصبح سميكاً مما يسبب تجمد النبات أو إعاقه نمو بشكل كامل: وهناك طريقة أخرى يتم فيها استخدام الأواني الدخانية التى تقوم بنشر الحرارة بسبب هبوب الهواء. ويمكن باستخدام بعض أشكال من مصدات الرياح أن تزيد فاعلية هذه الطريقة. (٤) أما الطريقة الرابعة، فهى طريقة فعالة، ويتم بتغطية النباتات بقلنسوات أو ستائر مصنوعة من البلاستيك، أو من مواد مشابهة. ففي الليالى الهادئة تقوم هذه الستائر بدور دروع تمنع الاشعاعات الحرارية طويلة الموجة الصادرة عن الأرض من العبور خارجها حافظة بذلك درجة الحرارة أعلى بمقدار ١,٦ - ٣,٦ م مما لو لم يكن هناك ستائر. وفي النهار فإن تلك الستائر تسمح للإشعاع الشمسى بعبوره مسببة ارتفاع درجة الحرارة تحتها. ونتيجة لدرجات حرارة الستارة أثناء الليل البارد والنهار الحار، فيجب أن لا يكون النبات متماساً بشكل مباشر مع تلك الستائر.

الفصل الثالث

الظواهر الجوية في وادي النيل
وجنوب غرب آسيا وطرق توقعها

== الفصل الثالث ==

الظواهر الجوية في وادي النيل وجنوب غرب آسيا وطرق توقعها

العوامل العامة المؤثرة في مناخ وادي النيل وجنوب غرب آسيا

بعد التوقع الجوى أحد المهام الرئيسية المرتبطة بعلمى المناخ والأرصاد الجوية، والتوقع الجوى هو محاولة معرفة ظواهر الجو قبل حدوثها بمدة تختلف من بضعة ساعات الى عدة أيام. وقد تمتد فترة التوقع بعنصر من عناصر المناخ مثل المطر خلال موسم بأكمله. وقد نجح علماء الأرصاد فى ذلك الى حد بعيد، وكان لهذا النجاح قيمته العملية فى أعمال الطيران والملاحة البحرية فى السلم والحرب، وفى الزراعة والصناعة، إضافة الى الفائدة اليومية العامة المتمثلة فى التعامل مع الظروف والأحوال الجوية بالشكل المناسب، كما أن للتوقع الجوى قيمته العلمية فى الكشف عن كثير من أسباب تقلبات الجو، واستنباط قوانين طبيعية من جو الأرض نفسه مما لا يمكن مشاهدته أو دراسته داخل المعامل.

وتتمثل عملية التوقع الجوى فى أبسط صورها فى أمرين: أولهما معرفة ما سيكون عليه توزيع الضغط الجوى بعد فترة معينة، لأن الضغط الجوى دائم التغير، وثانيهما معرفة أو تحديد خصائص كتل الهواء Air masses التى تلازم التوزيع الجديد فى طبقات الجو المختلفة وخاصة عند سطح الأرض. فإذا أريد معرفة الطقس غداً مثلاً فإن أول الواجبات تتمثل فى محاولة معرفة ما سيكون عليه التوزيع العام للضغط الجوى فى ذلك اليوم، لأن توزيع الضغط الجوى هو المحدد الأول لحركة الهواء، ثم يأتى بعد ذلك حصر ما يلزم الكتل الهوائية التى تهب خلال فترة معينة وتفاعلاتها مع بعضها البعض على الارتفاعات المختلفة. ويجب دائماً أخذ المؤثرات العامة فى كل موسم فى الحسبان كما يجب أن تكون هناك فكرة واضحة عن مناخ المنطقة. فمن المعروف أن مما يساعد على نجاح التوقعات الجوية الخبرة المحلية والمران والتتبع الدائم لظواهر المناخ، ثم تطبيق أسس علمى المناخ والأرصاد الجوية على كل ما تشاهده من ظواهر مناخية ومحاولة تفسير هذه الظواهر على أسس علمية صحيحة.

وتعد أهم المؤثرات العامة التى تتدخل بشكل مباشر فى مناخ وادى النيل وجنوب غرب آسيا عموماً التوزيعات الآتية للضغط الجوى.

- ١- انخفاض الهند الموسمي Seasonal Depression of India فى فصل الصيف.
- ٢- انخفاض السودان الموسمي Seasonal Depression of the Sudan فى كل من فصلى الربيع والخريف.
- ٣- ارتفاع سيبيريا Siberian High Pressure الشقوى.
- ٤- الذبذبات المرجبة فى كل من الغربيات العليا فى حوض البحر المتوسط أو شرقيات السودان العليا.
- ٥- التيارات العليا النفاثة Jet Streams وإزاحاتها، سواء المدارية منها أو الاستوائية.

انخفاض الهند الموسمي

يحتل انخفاض الهند الموسمي جنوب القارة الآسيوية(*)، فى فصل الصيف ويمتد إلى أثيوبيا وشمال شرق السودان فى شرق أفريقيا، فتتدفق إلى هذه البقاع جميعاً تيارات من الهواء الرطب عبر المحيط الهندى وتصل إلى اليابسة بعد أن تكون قد عبرت آلاف الكيلو مترات فوق المحيط وتشبعت بأبخرة المياه فتعطى المطر الموسمي. ويمتد أثر هذا الانخفاض أيضاً إلى مصر وشرق البحر المتوسط غرباً، حيث تصبح الدورة العامة للرياح السطحية أغلبها شمالية، وحيث يستقر الجو فى شرق البحر المتوسط لعدم غزوه بالانخفاضات فى هذا الفصل، فلا تصله إلا بقايا الجبهات الباردة أو الجبهات الملازمة للانخفاضات التى تغزو شرق أوروبا. وتوفر هذه الجبهات مع ما يلازمها من هبوط دائم خلال طبقات الهواء العلوى حالات تولد الانقلابات الحرارية العليا وخاصة عندما يستقر الجو تماماً فى شهرى يوليو وأغسطس. وهذه هى أهم ظروفاً لزيادة رطوبة الجو السفلى وتكوين السحب الطبقيّة والصناب فى الصباح على شمال مصر عامة والدلتا خاصة، مما يعوق حركة الطيران أحياناً.

وفى منطقة شمال الخليج الغربى كثيراً ما تثير هذه الرياح الشمالية الرمال والأتربة عندما تشدد سرعتها ينشأ الانخفاض الموسمي أو بازدياد اندثار الضغط الجوى من هذه المنطقة صوب مركز الانخفاض من آن لآخر.

انخفاض السودان الموسمي

بعد هذا الانخفاض مركزاً لتجمع أنواع هواء مختلفة، كما أنه يتميز بأنه كثير

(*) يبدأ ظهور هذا الانخفاض فى أواخر فصل الربيع فى صورة تجمعات للانخفاضات العرضية الآتية من الغرب واستقرارها على هضاب جنوب آسيا وإيران. ويتم ظهور الانخفاض فى أوائل فصل الصيف عندما ينضم إلى هذا التجمعات مركز انخفاض السودان الموسمي متأثراً فى ذلك بحركة الشمس الظاهرية وظاهرة جذب الهضاب لمناطق التجمع أو الانخفاضات الجوية النشطة

التذبذب أو التحرك، وهو يتبع في ذلك تحركات الشمس الظاهرية وجذب الهضاب له - وعموماً فإنه يمكن تقسيم حركة هذا الانخفاض الى نوعين من الذبذبات: الأولى هي تلك الازاحة العامة التي يعانيتها مركز الانخفاض من هضبة البحيرات في أفريقيا إلى شمال الهند وإيران ثم عودته بالتالى على مر العام. أما الحركة الثانية فنمثلها سلسلة من الإزاحات أو الذبذبات الصغيرة التي تخرج مركز الانخفاض من آن لآخر صوب الشمال أو الجنوب عن مساره السنوى. ويمكن تتبع هذه الإزاحات الصغيرة خاصة في فصلي الربيع والخريف اذ تبدو واضحة في كثير من الأحيان. وأهم المناطق الحساسة لها شمال البحر الأحمر الذي يغطي عادة وفي مثل هذه الأحيان بذراع من الضغط المنخفض الخفيف الممتد من مركز الانخفاض الموسمي الى شمال البحر الأحمر. وأهم علامات ذبذبات الانخفاض صوب الشمال هيبوط الضغط الجوى في ذراع الانخفاض الممتد الى شمال البحر الأحمر وامتداد هذا الذراع الى شرق البحر المتوسط مع ظهور تيارات من الهواء الجنوبي الشرقى أو تولدها في تلك البقاع.

وتعرف هذه التيارات الهوائية أو الرياح أحياناً باسم «أذيب» وذلك لسخونتها الظاهرة. وأهم الجبهات التي تفصل تيارات الهواء الرئيسية التي تغزو جنوب غرب آسيا ووادي النيل في فصلي الربيع والخريف جبهتان: جبهة مدارية وهذه تفصل تيارات البحر المتوسط عن الهواء القارى وكثيراً ما تتولد على هذه الجبهة الانخفاضات الضحلة الصحراوية، ومنها انخفاضات الخماسين، التي تكون عميقة ونشطة أحياناً، وجبهة استوائية تفصل الرياح التجارية عن تيارات المحيط الهندي أو الأطلسي الممطرة بعد عبورها خط الاستواء وتظهرها في صورة رياح موسمية جنوبية الى جنوبية غربية.

عواصف الرعد في منطقة البحر الأحمر.

يتميز مناخ جنوب غرب آسيا بظاهرتين هامتين أثناء فصلي الانتقال عندما يتركز انخفاض السودان الموسمي على شمال شرق السودان، الأولى هي عواصف الخماسين وما قد يصحبها من إثارة الرمال والأتربة، والثانية هي تولد حالات من عدم الاستقرار الجوى يصحبها في كثير من الأحيان حدوث الرعد والمطر والسيول المحلية. وعند ابتداء الخريف تهبط سرعة الرياح على جنوب غرب آسيا وعموماً وخاصة الرياح الشمالية، وتصبح في شهر نوفمبر متغيرة تكاد تهب من جميع الاتجاهات، وتكتسب الظروف لتكون الضباب في الصباح المبكر، كما تصل حالات ضغط الهواء أكثرها

على مر العام. وعندها يبدأ ظهور التيار الجنوبي الشرقي على مناطق البحر الأحمر من أن لآخر، ويتبع ظهوره تذبذبات انخفاض السودان الموسمي صوب الشمال. ويهب هذا التيار في صورة لسان من الهواء الساخن يندفع روئداً إلى الشمال الغربي حتى يغمر شرق البحر المتوسط، كما يهب إلى شمال وغرب هذا اللسان تيار من الهواء البارد نسبياً من البحر المتوسط. وتظهر الانخفاضات الجوية عند سطح الانفصال بين هذه الكتل الهوائية.

انخفاضات قبرص الجوية

تعد انخفاضات قبرص الجوية من الانخفاضات التي تتركز قرب جزيرة قبرص أو عليها وتحدث من النشاط ما يثير الجو في جميع أرجاء شرق البحر المتوسط إلى العراق شرقاً وإلى السودان جنوباً، ويكرر ظهور هذه الانخفاضات خلال الفترة الممتدة من أواخر الخريف إلى أواخر الربيع، ويصحب تكونها حدوث الرياح العاصفة والأنواء والأمطار الشتوية، خصوصاً على البحر وقرب الشواطئ، وتنتشر الرمال المثارّة في الداخل، وقد تحدث عواصف الرعد أيضاً مع أمواج شديدة من البرد. وتبلغ رداءه الجو أقصاها في شبه جزيرة سيناء وشرق المتوسط (منطقة سوريا ولبنان وفلسطين) حيث يعم ضباب الجبال عندما تنساب إليها السحب الممطرة ويصبح الجو بصفة عامة غير مناسب لأعمال الطيران.

وأهم ما يميز انخفاضات قبرص الجوية تلك السلسلة من الجبهات الباردة التي تصحبها، والتي يمكن توقعها على خرائط التوقع الجوي وهي تتولد وتنشط نتيجة غزو أمواج من الهواء البارد الآتي من شرق أوروبا أو من روسيا لمنطقة شرق البحر المتوسط خلال أحزمة من الضغط العالي في الشمال، أما في طبقات الجو العليا فإن انخفاض قبرص يبدو كحوض من الهواء البارد. وتكثر الأمطار وتعم كلما انخفضت درجات حرارة الهواء البارد في طبقات الجو العليا أو تنساب إلى الجنوب، إذ يتبع ذلك أيضاً ازاحة مركز الانخفاض صوب الجنوب.

ويتم ظهور الانخفاض قرب جزيرة قبرص في الشتاء نتيجة عامل أساسي واحد هو اقتراب تيار شمالي قطبي من مؤخرة انخفاض ضحل ثانوي (أو في حالة الامتلاء). والذي يحدد حالة الجو في جنوب غرب آسيا على الخرائط السطحية هو طبقة توزيع الضغط الجوي على منطقة البلقان وأواسط البحر المتوسط، فهناك توزيعان متباينان للضغط يجب التمييز بينهما وهما: الضغط الجوي المنخفض، ومعه

لا تتولد انخفاضات قُبرص الجوية؛ والضغط الجوى المرتفع، وهذه هى الحالة الملائمة لتكون انخفاضات قُبرص الجوية، حيث يساعد توزيع الضغط الجوى العام على تدفق الهواء من ارتفاع سيبيريا الشتوى الى مناطق جنوب غرب آسيا.

رياح الخماسين(*)

تعد الخماسين رياحاً جنوبية، ما بين الجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية. حيث يتكرر هبوبها بتولد أو غزو الانخفاضات الجوية الصحراوية لمصر خلال الفترة الممتدة من أواخر الشتاء إلى أوائل الصيف. وتتميز هذه الرياح بأنها دفيئة أو ساخنة متربة في العادة وشديدة الضباب أحياناً. كما أنها كثيراً ما تنشط فتثير الرمال، وتملأ الفضاء فتنفذ الى العيون وتتراكم في كل مكان ولا يصفو الجو إلا بعد دخول الهواء البارد نسبياً من مناطق البحر المتوسط. وهذه الصفات المفضية لتلك الرياح هى عينها التى تعرف فى مصر باسم «حالات الخماسين». وكثيراً ما يمتد تأثيرها الى شرق البحر المتوسط ثم الى شرق أوروبا، كما حدث مثلاً فى ابريل عام ١٩٢٨ حين حمل التيار الخماسينى الشديد رمال وادى النيل وصحراواته الى شواطئ البحر الأسود وأوكرانيا خلال موجة حرارية وجو مقبض ساد المناطق الممتدة من وادى النيل جنوباً الى بحر البلطيق شمالاً.

ويعقب حالة الخماسين فى مصر عادة مرور موجات من الهواء البارد نسبياً تثير العواصف الرملية التى يتبعها أمطار متقطعة قرب الساحل، ولكنها لا تلبث أن تتلاشى أمام ظهور حالة جديدة من الخماسين. وهكذا تغزو البلاد موجات من الحر والبرد تجعل أعم مميزات موسم الربيع فى مصر هذه التقلبات الجوية السريعة فتنتشر الأنفلونزا وأمراض الأنف والحنجرة، كما أن الأتربة والتيارات الخماسينية نفسها تكون محملة بكثير من الكائنات الميكروسكوبية وأنواع شتى من البكتريا التى تحملها الرياح الى ارتفاعات شاهقة تبلغ أحياناً عدة كيلومترات وتقلها الى مسافات بعيدة من قطر إلى آخر. وقد تدفع هذه التيارات أيضاً بعض آفات الزراعة مثل الجراد الذى ينساق مع التيارات الجنوبية الشرقية التى تغذى انخفاضات الخماسين. وقد تتبع هذا التيار فى بعض حالات الخماسين الحادة على مصر فوجد أن مصدره المحيط الهندى، أى أن بعض الهواء الساخن الذى يغزو مصر فى مثل هذه الحالات قد يعبر جنوب الجزيرة العربية والبحر الأحمر وأجزاء من أثيوبيا والسودان.

(*) رياح الخماسين، Khamsin or Khamasin تهب على مصر على مدى حوالى الخمسين يوماً من منتصف مارس (وأصل الكلمة عربى مشتق من كلمة خمسين).

وعادة كان يحل موسم الحرائق فى قرى مصر بدخول الربيع، وظهور حالات الخماسين . ويتسبب عن هذه الحرائق خسائر جسيمة فى الأموال. ومن المعروف أن أغلب هذه الحرائق سببها التغيرات الفجائية التى تحدث فى اتجاه الرياح عند دخول الهواء البارد محل الهواء الخماسينى الساخن. ويكون الجو أثناء موسم الخماسين عرضة للتغيرات العنيفة وخاصة من حيث الحرارة والرطوبة، إذ تبلغ درجة الحرارة أقصاها والرطوبة أدناها (الى ما يقرب الجفاف) عند هبوب التيار الخماسينى، ثم تصل درجة الحرارة أدناها والرطوبة أقصاها بدخول الرياح الشمالية الآتية من البحر المتوسط. وعادة تكون المدن والمناطق الساحلية أقل جهات مصر تعرضاً لمثل هذه التغيرات. ولا تخلو رياح الخماسين من بعض الفوائد، فإن دودة القطن مثلاً لا يلائمها الجو الخماسينى الحار بقدر ما يلائمها الجو البارد الرطب، وتكون خير ظروف محاربتها وإبادتها هي حالات الخماسين.

وفى بعض حالات الخماسين المصحوبة بعواصف الرمال أثناء النهار يسود جو مكثف غير مألوف إذ قد يحمر لون الأفق ويخيم معه الظلام، كما حدث فى القاهرة فى ١٠ مارس عام ١٩٤٦ ثم فى الاسكندرية فى فبراير عام ١٩٥٥. ويلعب تشتت الضوء وامتناعه خلال طبقات الهواء المترية أو المحملة بالرمال دوراً هاماً فى هذه الظواهر الضوئية كما أن حبات الرمال تكون مُحملة بشحنات كهربائية يصحبها تفريقات وشرارات خافتة تعوق أعمال اللاسلكى.

وتنشأ حالات الخماسين بوجه عام إما نتيجة نشاط انخفاض السودان الموسمى وتحركه صوب الشمال حيث يغزو التيار الجنوبي الشرقى الحار الذى يلازمه مناطق شرق البحر المتوسط، أو بظهور الانخفاضات الجوية على الصحراء. وأهم مميزات الجو التى تسبق هذه الحالات هي: سرعة هبوط الضغط الجوى، وارتفاع درجة الحرارة، وتكاثر السحب العالية، وازدياد سرعة الرياح العليا إلى أكثر من ٧٠ كيلومتراً فى الساعة، ويكون اتجاهها من الغرب فوق ارتفاعات تزيد على ٣ كيلومترات من السطح، كما تدور الرياح متزايدة من جنوبية شرقية إلى جنوبية فجنوبية غربية فى الطبقات السطحية. وعادة يتميز توزيع الضغط الجوى عند السطح قبل تولد الانخفاضات المحلية بتركز حزام من الضغط الجوى المرتفع نسبياً على شرق البحر المتوسط أو وسطه مع هبوب تيارات أغلبها شرقية جنوب هذا الحزام، كما قد ينساب فى أعلى طبقة التروبوسفير على ارتفاع أكثر من ١٢ كيلو متراً تيار نفاث يحدث التجمع اللازم لتولد الانخفاض.

ويمكن أن يفصل سطح الانفصال المدارى المشار اليه فيما سبق فى مثل هذه الحالات بين نوعين من الكتل الهوائية التى تختلف درجة الحرارة قرب سطح الأرض فيها اختلافاً كبيراً، يربو على ١٥ درجة مئوية أثناء النهار فى كثير من الحالات،

وتتكون الانخفاضات الصحراوية على هذا السطح تحت هذه الظروف وتترقب حدة الانخفاضات على فروق درجات الحرارة، بسبب أن عمليات التكاثف تكون محدودة لقلة تبخر المياه عموماً.

طرق التوقع (التنبؤ) الجوي

التوقع الجوي أو التكهّن بما ستكون عليه حالة الجو في إقليم خلال فترة معينة، أما أن يكون قصيرة المدى فيمتد من عدة ساعات إلى يوم أو يومين على الأكثر، وأما أن يكون طويل المدى فيتزايد فترته عن ذلك كثيراً وقد تصل إلى شهر أو فصل بأكمله.

وفي العادة يعني لفظ «طويل المدى» Long-Term Forecasting، كما يستعمل في توقعات الطقس المألوفة امتداد التوقع خلال مدة أطول من تلك التي تشملها توقعات الطقس الروتينية العادية التي تعدّها مكاتب الأرصاد، إلا أن طريقة معالجة المسألة من وجهة النظر العلمية تختلف اختلافاً يجعل من المنطق أن تقسم عمليات التوقع الجوي إلى ثلاثة أقسام هي:

- ١- توقعات قصيرة المدى Short-term forecasting وتمتد من عدة ساعات إلى يومين على الأكثر.
- ٢- توقعات قصيرة المدى Medium-term forecasting وتمتد من ثلاثة إلى ستة أيام.
- ٣- توقعات طويلة المدى Long-term forecasting وتشمل فترات أطول من ذلك بكثير.

وكثيراً ما شغلت مسألة التوقعات طويلة المدى أذهان الناس، خصوصاً أبان الحروب وعند تحديد مواسم الزراعة ونحوها.

وعموماً فإن هذا الموضوع كان ولا يزال من أوسع مجالات البحث. وقد بلغ من الاتساع والتشعب درجة تنافرت معها أبحاث العلماء في هذا الصدد، اللهم إلا جانباً من تلك الأبحاث التي اعتمدت على الطرق الإحصائية. وعبر العقود القليلة الماضية، كانت هناك حاجة ماسة للوصول إلى طريقة لحل هذه البمشكلة أو المسألة عن طريق استخدام البيانات وجعلها أداة للتعبير عن الطقس بطرق معقدة، على أسس طبيعية، وأصبح هذا الأسلوب الإحصائي شائعاً بكثرة. وفيما يلي عرض موجز للوسائل الإحصائية، والطرق التي يستعان فيها بخرائط الطقس السطحية، ثم الطرق التي تستخدم فيها الأرقام والتمثيل بال نماذج.

الوسائل الإحصائية

نظراً لعدد العوامل الطبيعية ووفرة العناصر الجوية التي تدخل في تجديد الطقس، نفقدنا الوسائل الإحصائية في النهاية إلى سلسلة من التعقيدات التي تزداد كلما حاولنا إيجاد حل كامل لمسألة الطقس، ولهذا السبب نجد أنه ليس غريباً أن نوجه معظم

المجهود الى جعل الجو يصف نفسه، وذلك عن طريق الفحص الاحصائى لعناصر الجو المتراكمة، وبخاصة العناصر السطحية التى تؤثر مباشرة على الانسان، مثل: درجة الحرارة والرطوبة والرياح والضغط الجوى والتساقط بأنواعه.

ومن أبسط الطرق الاحصائية وأهمها استخداماً تلك التى يحاول فيها القائم بالتوقع استنباط ما قد نسميه «دورات الطقس Weather cycles»، إذ يؤمن أغلب المتخصصين فى معظم دول العالم بوجود دورات فى طقس كل إقليم. ولقد حاول كثير من الباحثين وضع البراهين والدلائل على صحة هذا الاعتقاد، وكل الذى أمكنهم إثباته وجود شبه دورات صغيرة المستوى، أصلها مبهم. وتمشياً مع هذه الفكرة بالذات وضع علماء ودارسو الطقس المصريون منذ عشرات السنين جداول خاصة بنوات الاسكندرية (أى عواصفها المطيرة وغير المطيرة) وسجلوا تواريخها ومددها على النحو المبين فى الجدول التالى:

جدول النوات التى تتأب جو الساحل الشمالى لمصر من منتصف فصل الخريف

حتى منتصف فصل الربيع

اسم النوة	صفاتها	اتجاه الرياح وقوتها	موعدها	مدتها
المكنسة	مطريرة	شمالية غربية ٦-٨	٢٠ نوفمبر	٤ أيام
باقى المكنسة	مطريرة	شمالية غربية ٥-٦	٢٦ نوفمبر	يومان
قاسم	مطر - عواصف	جنوبية غربية ٦-٨	٤ ديسمبر	٤ أيام
باقى قاسم	مطريرة - عواصف	شمالية شرقية ٦-٧	١٠ ديسمبر	يومان
الفيضة الصغيرة	مطريرة - عواصف	شمالية غربية ٦-٧	١٣ ديسمبر	يومان
باقى الفيضة الصغيرة	مطريرة	جنوبية غربية ٦-٧	٢١ ديسمبر	يومان
عيد الميلاد	مطريرة	شمالية غربية ٦-٧	٢٤ ديسمبر	يومان
رأس السنة	مطريرة - عواصف	غربية ٦-٨	٣١ ديسمبر	يومان
الفيضة الكبيرة	مطريرة - عواصف	جنوبية غربية ٦-٨	٩ يناير	٥ أيام
الغطاس	مطريرة - عواصف	جنوبية غربية ٦-٨	١٨ يناير	٥ أيام
الكرم	مطريرة - عواصف	شمالية غربية ٦-٨	٢٧ يناير	٦ أيام
باقى الكرم	مطريرة - عواصف	شمالية غربية ٦-٨	٣ فبراير	٧ أيام
الشمس الصغيرة	مطريرة - عواصف	شمالية غربية ٦-٨	١٤ فبراير	يومان
السرور	مطريرة أحياناً	شمالية غربية ٦-٨	٤ مارس	يومان
الحسوم	مطريرة أحياناً - عواصف	شمالية شرقية ٦-٨	٨ مارس	يومان
باقى الحسوم	مطريرة أحياناً - عواصف	شمالية غربية ٦-٨	١٤ مارس	يومان
الشمس الكبيرة	مطريرة أحياناً - عواصف	شمالية غربية ٦-٨	٢٢ مارس	٣ أيام
العوا	مطريرة أحياناً - عواصف	شمالية غربية ٦-٨	٢٩ مارس	٣ أيام
باقى العوا	مطريرة أحياناً - عواصف	شمالية غربية ٦-٧	٢ أبريل	يومان

ونحن لا نستطيع أن نجزم بصحة هذا الجدول أو أمثاله مهما كان يمثل بعض الحقائق الإحصائية. ولقد درس فريق من العلماء بعض الدورات التي تتراوح مدتها بين بضعة أيام وعدة سنين، كما درسوا دورات الطقس الدائمة والمتقطعة جميعها وهذه الأخيرة هي التي تظهر معها موجات تستمر وفقاً معيناً، ثم تختلف لتظهر أخرى في الدورة نفسها، كما درسوا كذلك ظاهرة تغيرات الضغط الجوي الكثيرة التي تنشأ أو تحدث فوق بعض المناطق أو تهاجر إليها. وبالرغم من أنه لا يزال هناك كثير من الخلاف حول حقيقة أغلب هذه الظواهر إلا أن الغموض في هذا المجال أخذ ينقشع وأخذت الحقائق تنكشف لدرجة أنه صار من الصعب القول بأن تلك الظواهر لا تساعد على إيجاد حل جزئي للقضية، ومن ثم إضافة المزيد من المعلومات عن الطرق التي يعمل بها الجو أو التي تسلكها تقلباته.

ونمشياً مع فكرة الدورات الجوية أيضاً، يوجد اعتقاد آخر يؤمن به فريق من الباحثين فحواه أن التغيرات أو الدورات في طاقة الإشعاع الشمسي، بسبب ظهور البقع الشمسية ونحوها، تؤثر على عناصر الجو وتجعل التغيرات فيها تابعة لها، ولهذا انصب البحث أيضاً خلال فترة مضت على البقع الشمسية، ثم شملت تلك البحوث أيضاً كثيراً من الظواهر الشمسية الأخرى. والذي ثبت علمياً أن تغيرات النشاط الشمسي يصحبها بعد حين تغيرات في طبيعيات الأرض، مثل التغير في مجال الأرض المغناطيسي Magnetic field of the Earth وما يتصل به من ظواهر(*).

وعلى أية حال فمن المسلم به علمياً وجود دورة مركبة لتغيرات البقع الشمسية، ومن ثم الثابت الشمسي، أي أن أرصاء النشاط الشمسي فيها ترابط زمني، أما أرصاء الجو السطحية ففيها شبه ترابط مكاني وآخر زمني، مما جعل من الصعب تقييم المعنى الإحصائي للتناقض. ورغم أن معرفة ما إذا كانت هناك علاقة بين تغيرات الإشعاع الشمسي والجو على سطح الأرض لها أهمية نظرية كبيرة، إلا أنه علينا قبل محاولة حل هذه القضية أن نتأكد أولاً من أن جو الأرض يظهر إلى حد ما درجة من النظام والترتيب في عملياته وتقلباته، وحتى إذا ما تأكدنا من ذلك يبقى علينا الوصول إلى طريقة للتنبؤ بالحوادث الشمسية.

وهناك من الأدلة ما يثبت أن دخول الأرض من آن لآخر وسط سرب كثيف من أسراب الشهب السابحة في الفضاء القريب، وأحترق ما يهوى منها في جو الأرض

(*) سنعرض لهذا الموضوع بالتفصيل عند دراسة التغيرات المناخية وبواعثها العلمية في الفصل الأخير من هذا الكتاب.

العلوى يعقبه حدوث انسقاط الغزير المتواصل والفيضانات العالية لما توفره أو ما يدخر في الجو من نويات التكاثف Condensation nuclei التي هي رمد الشهب وأبخرتها بعد الاحتراق. ولقد أجريت الكثير من البحوث الاحصائية لايجاد معاملات الترابط بين هذه الظواهر الكونية وعناصر الطقس السطحية وتم بحث هذه القضية على نطاق كبير، واستخدمت فيها المتوسطات الشهرية لعناصر الجو، وقد أدى معظم هذه الأبحاث الى وجود ترابط عالمي بين العمليات الجوية، ولكن لم تنتج معاملات ارتباط كبيرة وثابتة إلى الحد الذي يجعل من الممكن استخدامها في أعمال التوقع الجوى بصورة ثابتة.

ومنذ أواسط القرن العشرين الماضى قام العلماء بفحص عناصر الجو في الطبقات العليا، وكذلك معدلات التغير في الضغط ودرجة الحرارة، وحصلوا على نتائج ذات قيمة احصائية لا تخلو من القيمة العملية. ولا شك أن القياسات الحديثة وخاصة قياسات الأقمار الاصطناعية قد مكنت من الحصول على زخم هائل من البيانات وكذلك مكنت من رؤية أكثر شمولاً فأمكن بذلك الحصول على صور وصفية وكمية لنوع الارتباطات المناخية الممكنة - ولعل أكثر ما ميز الوقت الحالى في هذا المجال هو التقدم الكبير في تكنولوجيا أجهزة الحاسب الآلى والتي تمكن من اجراء العمليات الرياضية والاحصائية لاعداد هائلة من القياسات بسرعة ودقة فائقين. يضاف إلى هذا عمليات التمثيل أو المحاكاة بالانماذج Simulation models والتي تعطى أفضل الفرض لتقدير العلاقات الإحصائية والرياضية واختبارها.

ومن أهم الظواهر التي تحدث في مناخ العالم، وتكاد تتميز بدقوت معين في التقويم السنوى، هبوب الرياح الموسمية مثل الخماسين في مصر، والرياح الجنوبية الغربية المطيرة في السودان وإثيوبيا ونحوهما، مما يمكن أن تكشف عنه المتوسطات الشهرية البسيطة لعناصر الجو.

ونحن اذا أردنا التوسع في هذا البحث، استطعنا أن نكشف عن كثير من الوحدات المناخية أو الفترات التي قوامها عدة أيام متتالية يصبح فيها عنصر من عناصر الجو بارزاً عن بقية العناصر، كالتهاية العظمى لدرجة الحرارة أو النهاية العظمى لسقوط المطر... ومن الوجهة العملية يمكن القول بأن المتوسطات المناخية الطويلة المدى - من ٢٠ إلى ٣٠ يوماً مثلاً - التي تختفى فيها معالم الحالات والظواهر قصيرة المدى والتغيرات العرضية، من الجائز اعتبارها أساساً يعتمد عليه في عمل التوقعات الطويلة المدى، إلا أن هذا لا يعنى بحال اهمال المستويات المناخية الأصغر، أو انكار قيمتها العلمية. بل انها لها دور كبير في الاستفادة منها بما تلقى من ضوء على التفاصيل الدقيقة لدورة الرياح العامة، وعلى دراسة الخرائط السطحية دراسة تفصيلية.

والآن بقی سؤال: هل هنالك تغيرات فعلية في المناخ كما تعبر عنه المتوسطات أو الرسائل الاحصائية؟ وللإجابة عن ذلك نقول: أن المدة التي جمعت فيها أرصاد يمكن الاعتماد عليها تبلغ نحو ٢٠٠ سنة. وليس من شك أنه عندما نحسب المتوسطات لفترة تتراوح بين ٣٠، ٥٠ سنة مثلاً لمجموعة من العناصر في مكان معين، نجد أن هذه المتوسطات تتغير بعض الشيء عندما نحسب فترة أخرى وأن تلك التغيرات حقيقية، فأمطار شمال مصر كما تمثلها محطات الأرصاد المحلية مثلاً، أخذته في النقصان تقريباً منذ بداية القرن العشرين، أو على الأقل عبر فترات طويلة خلاله. ولقد وجد المهتمون بمثل هذه القضايا في سائر أنحاء العالم أنه من الضروري أن نواصل إلى أسباب في الفضاء أو في جو الأرض نعلل بها هذه التغيرات المناخية، وحتى الآن لا تزال المعلومات غير كافية لشرح كل جوانب هذه الاختلافات رغم التقدم الكبير والقدرة على إجابة الكثير من الأسئلة المتعلقة بالظواهر والميكانيكيات المختلفة للجو والمناخ. إلا أنه يبدو أن الغلاف الجوي قادر من تلقاء نفسه على تخليص نفسه من تلك التغيرات من غير تدخل عوامل خارجية.

طرق استخدام خرائط الجو السطحية

ان أقصى حد للفترة التي تشملها التوقعات السليمة المستنبطة من تحليل الخرائط السطحية أو ما يسمى خرائط الجو Weather Maps هو ذلك الذي يمكن أن تمتد إليه مجالات الضغط الجوي الواقعي والكتل الهوائية المائدة، ومن بعد ذلك سريعاً ما تدخل تعديلات وعوامل جديدة تلعب أدواراً هامة تغير الأوصاف. وقد كان هناك العديد من المحاولات التي أجريت من أجل امتداد هذا الحد مع استخدام خرائط الطقس. وأول هذه المحاولات ما قام به العلماء منذ عشرات السنين لتقسيم خرائط الجو السطحية على أساس إقليمي وبطبيعة الحال فقد وجد أنه كلما زادت مساحة الاقليم زادت العقبات والتعقيدات. ووجد أنه بتركيز الانتباه على الدورة العامة وما يتبعها من ظواهر يمكن تقسيم بعض القارات كأوروبا الى عشرات الأنواع من الطقس السائد على سطح الأرض، ثم يدخل بعد ذلك البعد الثالث، أي طبيعة الجو الى ارتفاع خمسة كيلو مترات مثلاً. وبهذه الطريقة قسم فريق من العلماء خرائط الطقس السطحية المتجمعة خلال سنين عديدة إلى مجموعات، ثم حللوا النتائج التي حصلوا عليها تحليلاً احصائياً محارلين استنباط قواعد تنفيذ في أعمال التوقع متوسط المدى. ومما أفاد في هذا البصدد اجراء دراسات تفصيلية للتوزيعات المختلفة للضغط الجوي ودرجة الحرارة والرياح ونحوها التي تصاحب أنواعاً معينة من الطقس في مختلف الفصول.

ولعلنا نستطيع أن نجيب كثرة التعقيدات ووفرة العوامل التي تدخل في عمليات التوقع الجوي اذا ما عرفنا أنه بالرغم من المجهود العلمي الكبير الذي بذله علماء

ولعلنا نستطيع أن نتبين كثرة التعقيدات ووفرة العوامل التي تدخل في عمليات التوقع الجوي إذا ما عرفنا أنه بالرغم من المجهود العلمي الكبير الذي بذله علماء الأرصاد الجوية في كافة فروع علم الطبيعة الجوية لم يصل أحد بعد إلى صياغة قواعد خاصة ثابتة أو منظمة يمكن الاعتماد عليها في إجراءات التوقع الجوي طويل المدى. وما زالت محاولة الوصول إلى حل قضية التوقع متوسط المدى بطريقة تقسيم الطقس إلى صور وأنواع من المحاولات التي تحتاج إلى إدخال طريقة عملية تستبعد بها التغيرات الصغيرة أو الطارئة التي تحدث عند السطح.

ومن الطرق التي تسترعى الانتباه في سهولتها طريقة التوقع بتطورات الجبر السطحية بالاستعانة بنموذج أو نماذج سابقة لتوزيعات أهم العناصر، كالضغط الجوي والرياح مثلاً. ولما كان جزء كبير من ممارسة التوقع الجوي بواسطة الخرائط يعتمد على النماذج التي يرسمها المتنبئ في ذهنه فإنه من المستساغ أن يجد أحلال النماذج الواقعية محل التصور الذهني إقبالاً في إجراءات التوقعات قصيرة المدى. ولعل من أهم الأسباب التي تدعو إلى ذلك أن هذا الإحلال يعد بمثابة إحدى المحاولات برغم أنه في الحقيقة لا يوجد أسلوب أكثر فائدة من استخدام النماذج، وبرغم أن الحصول على نموذج سطحي عظيم الشبه بالحالة التي يراد التكهّن بها، هي عملية من الصعوبة بمكان، ولا يمكن أن نصل في هذا الصدد إلى درجة من الحقيقة الكاملة. وبذلك فإن احتياجنا لهذا الغرض عظيمة ودقيقة، أننا نريد أولاً التشابه التام في توزيع الضغط الجوي، ثم التماثل في خواص الكتل الهوائية في الأبعاد الثلاثة مع توافر تناسب معقول بين الزمنين من حيث فصول السنة، هذا كله بالإضافة إلى أن النموذج السطحي هو نقشة تمثيل علمي غير كامل الاتقان للطقس السائد. ولهذا أدخل البعد الثالث، وأعدت نماذج للأجواء العليا زادت من دقة عمليات التوقع ووصلت بالتوقعات قصيرة المدى إلى درجة الاتقان في كثير من البلدان.

طرق الرقمنة والمحاكاة Numerical methods and simulations

إن التفاعل المستمر ما بين طبقات الجو المختلفة، وتدخل عوامل جديدة من آن لآخر قد يزداد تأثيرها كثيراً، كل ذلك يدل على أن الحل العددي الدقيق لقضية التوقع الجوي لا يمكن الحصول عليه بسهولة. وهناك على أية حال نجاح مضطرب في الأساطط العلمية المهمة بهذا الأمر، حيث تكتزايد القدرة على تصميم قضية التوقع لمدة ٢٤ ساعة بالطرق العددية التي تعتمد على الأسس الطبيعية باستخدام الحسابات الآلية يوماً بعد يوم.

وحتى الستينيات من القرن العشرين المنصرم كان التوقع قاصراً على تقدير التوقعات قصيرة المدى باستخدام الوسائل الحسابية. وكان مثل هذا التوقع مبنيًا على دراسة حالة الجو الراهنة، ولهذا ظهرت فكرة النماذج الجوية Weather Models - وكانت التغيرات البطيئة التي تطرأ على عناصر الجو تؤخذ في الحسبان، ولقد نجح التوقع الجوى باستخدام هذه الطرق كذلك في حالة التوقعات طويلة المدى. وفيها تؤخذ هذه التغيرات البطيئة كجزء أساسي من النظام. وكان هذا النوع يتضمن عادة تفاصيل الدورة الهوائية العامة. وكانت النماذج الجوية المستخدمة حينذاك تنقسم إلى نوعين رئيسيين: نوع يعالج موضوع التوقع بمجال الرياح مباشرة، ولهذا النموذج مزاياه من الوجهة الرياضية، أما النوع الثانى فهو يعالج التوقع بما ستؤول إليه حركة الرياح ودورانها في المستقبل. وفي كثير من الدول لم انجاز بحوث عديدة من عدة عشرات من السنين على النوع الثانى. فمثلاً النموذج الذى فيه لا تتقاطع أسطح تساوى الضغط الجوى مع أسطح تساوى الكثافة له هو نوع بسيط يبنى على إعادة توزيع طاقة الحركة دون نقص فيها أو زيادة. وهنا يمكن تحديد توزيعات الضغط الجوى، كما أن التغير في طاقة الحركة يكون صغيراً بالنسبة إلى الطاقة ذاتها في مدى يوم أو يومين. وثمة كذلك دراسة النماذج التي فيها تتقاطع أسطح تساوى الضغط الجوى مع أسطح تساوى الكثافة وهي تتضمن تفاصيل جوية عديدة كما تأخذ في الحسبان صفات الجو الديناميكية الحرارية، وبذلك تعطى التوقع بطرق انسياب الهواء في أكثر من مستوى. ويبدو أنه من اللازم ادخال عوامل طبيعية بالإضافة إلى التغيرات الذاتية، مثل العوامل المحلية، والاحتكاك، وتوزيع الغبار وبخار الماء، وما يتبع ذلك من عمليات الاشعاع.

ومازال هدف الدراسات العلمية حتى الآن هو صياغة المعادلات اللازمة لانجاز التوقعات الجوية، ويتطلب ذلك جمع الأرصاد على ارتفاعات معينة ومن أماكن متفرقة باستخدام كل وسائل القياس الممكنة بطريقة سريعة صالحة لادخالها في الحساب الآلى حيث يتولى عمليات المحاكاة والنماذج اجراء التمثيل البرامجى لها سواء كان ذلك بهدف فهم تأثيرات معينة أو المساعدة على التوقع بالظروف الجوية قصيرة أو طويلة المدى، ولعل هذا النوع من الحل الرياضى أو التمثيل الرياضى باستخدام أجهزة الحاسب الآلى المتطورة يمثل الآن جوهر دراسة المناخ والظواهر الجوية دراسة في المناخ التفصيلى. وكما سبق فان دور الأقمار الاصطناعية قد يكون في واقع الأمر بمثابة الثورة العلمية الأكبر في هذا المجال، وثنائجها المبهرة والسريعة التدفق والتقدم تخطو بخطوات سريعة وطفرة كبيرة نحو المزيد من الفهم والقدرة على التوقع (التنبؤ) الجوى بأنواعه.

الفصل الرابع

عناصر المناخ التطبيقي

عناصر المناخ التطبيقي

مقدمة :

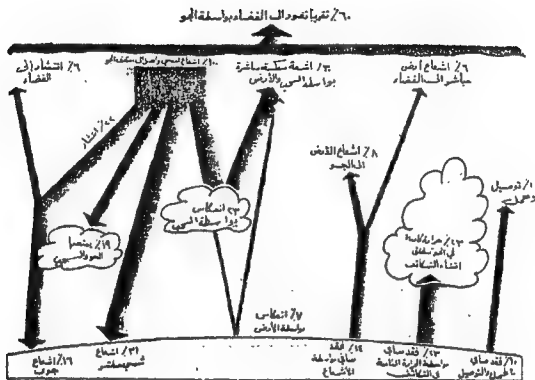
تتأثر العناصر المناخية بتأثيراتها على جوانب البيئة الطبيعية والبشرية . وتشمل هذه العناصر : الإشعاع ، وفترة المطوح الشمسي ، والسحب ، ودرجة الحرارة ، والتساقط ، والرطوبة الجوية ، وحركة الهواء (الرياح) ، والتبخير . وعلى الرغم من أن تفاعل تلك العناصر مع بعضها يعطينا صورة واضحة عن حالة الجو السائدة ، إلا أن فاعلية عنصر أكثر من غيره تفرض علينا البحث عن أسباب اختلاف الأحوال المناخية بين منطقة وأخرى . ولما كانت المؤثرات المناخية لا تبرز بصورة واضحة من خلال تركيبها ، لذا فإن معالجة كل عنصر من العناصر السابق ذكرها تمكن من إيضاح العلاقة ما بين هذا العنصر والجانب المتأثر به من جوانب الوسط البيئي الطبيعي والبشري المختلفة . وفيما يلي عرض موجز لعناصر المناخ التي لها تأثير ملحوظ على حياة الإنسان وأنشطته .

١ - الإشعاع

تعد الشمس هي مصدر كل أشكال الطاقة ، سواء ما كان منها بشكل حفرى يتمثل في الفحم والنفط ، أو ما كان منها بشكل حرارة مباشرة . وما درجة الحرارة ، والضغط والكتل الهوائية ، والتيارات المحيطية (البحرية) إلا شكل من أشكال اختلاف كمية الأشعة التي تنلقاها أجزاء سطح الأرض المختلفة . وإذا كانت كمية الأشعة التي يلقاها الجو وسطح الأرض ، وتلك التي يفقدها الجو وسطح الأرض ، متوازنة خلال فترات طويلة من الزمن على مستوى المكان ، فإن هناك اختلافات كبيرة على مستوى فترات زمنية محدودة - يوم أو حتى سنة - حيث يكون هناك وقت فيه مكسب إشعاعي ، ووقت آخر تكون فيه خسارة إشعاعية ، ففترة النهار وفترة الصيف تتميزان بأنهما عبارة عن فترتي الكسب الإشعاعي ، بينما تتميز فترة الليل والشتاء بأنهما فترتي الخسارة الإشعاعية . وتختلف كمية الأشعة الشمسية التي تصل سطح الأرض ليس من وقت إلى آخر أثناء اليوم ، أو من يوم إلى يوم ، وإنما تختلف وتباين من موقع إلى آخر ، ولهذه الاختلافات والتباينات تأثيرات كبيرة على درجة الحرارة وجملة العناصر المناخية الأخرى .

وحيث أن الأرض تبعد عن الشمس بمسافة تصل إلى ١٥٠ مليون كيلومتر في المتوسط، وكمية الأشعة التي تبعدها الشمس هي في الأصل ثابتة تقريباً، وما يتلقاه السنيمتر المربع الواحد من سطح الغلاف الجوي للأرض يقارب من ٢ وحدة حرارية في الدقيقة الواحدة، وهذه الكمية ثابتة تقريباً أيضاً، إذ أن اختلافاتها محدودة جداً لا تتعدى $\pm 3\%$ ، وهذا يرجع إلى مدار الأرض الإهليلجي حول الشمس والذي ينجم عنه اختلاف في بعد الأرض عن الشمس. إلا أن هناك عدة عوامل تحدد شدة الأشعة الشمسية، من أهمها زاوية ورودها إلى سطح الأرض، فكلما ازداد بعد الأشعة عن الوضع العمودي قلت شدتها، وفي المنطقة المحصورة بين المدارين فإن ميل الأشعة الشمسية عن الوضع العمودي يتراوح بين $27^\circ +$ ، $23^\circ -$ وهذا كله يلعب دوراً كبيراً في خلق تمايزات كبيرة في شدة الأشعة في المناطق الشديدة التضرس، والتي لها اتجاهات متعاكسة، بعضها نحو الجنوب والآخر نحو الشمال، وخاصة في المناطق الواقعة خارج المدارين.

ومن المعروف أنه لا يصل إلى سطح الأرض سوى نسبة محدودة من قيمة الثابت الشمسي، ذلك أن عناصر الغلاف الجوي المختلفة من بخار ماء وقطرات ماء، وغبار، وغازات أخرى متعددة - كثنائي أكسيد الكربون، والأوزون ... -، تمارس تأثيراتها على الأشعة الواردة إلى سطح الأرض. فجزء من الأشعة الداخلة إلى الجو يمتص من قبل بعض غازاته، وجزء ينتشر في اتجاهات مختلفة، والجزء الآخر ينعكس باتجاه الفضاء، في حين يصل ما تبقى إلى السطح (شكل رقم: ١ - ٤). فالسحب لها درجة عاكسية كبيرة، في حين أن نسبة امتصاصها محدودة جداً لا تزيد عن ٥% من الأشعة التي تتلقاها، أما في حالة السماء الصافية فإن نسبة الأشعة التي تصل سطح الأرض تقدر بحدود ٧٥% من الأشعة الواصلة إلى سطح الغلاف الجوي، ذلك أن نسبة من الأشعة تضيق بالانتشار والامتصاص. وتعتمد عمليتي الامتصاص والانتشار على طول الموجات الإشعاعية، وعلى حجم المركبات الغازية في الجو. فالموجات الإشعاعية لا تنتشر بدرجة متساوية، لأن الموجات الأكثر قصراً تكون أكثر تعرضاً للانتشار. وهذه الحقيقة توضح سبب انتشار الضوء الأزرق أكثر من الأحمر، وبالتالي سبب زرقة السماء. ويقدر أن نحو ٦% من الأشعة الشمسية تنتشر عائدة إلى الفضاء من الجو. وإذا كان الأوكسجين والأوزون يمتصان الأشعة قصيرة الموجة التي طول موجاتها يتراوح بين ٠.٠٢ إلى ٠.٢٩ ميكرون، فإن لبخار الماء وثنائي أكسيد الكربون دوراً كبيراً في امتصاص الأشعة تحت الحمراء طويلة الموجة.



(شكل رقم ١٠ - ٤) الموازنة الإشعاعية

وتختلف شدة الأشعة المتباعدة من الشمس باختلاف طول الموجة - حسب قانون بلانك - وتصل شدتها العظمى في الفوتون الأخضر - الأصفر. كما يوضح قانون بلانك أن القدرة الإشعاعية لجسم ما تتناسب مع درجة حرارته. ويظهر قانون ستيفان بولتزمان Stefan Boltzman أن كمية الطاقة التي يشعها جسم أسود - حيث أنه يمتص كل الأشعة الكهرومغناطيسية الساقطة عليه - تتناسب مع القوة الرابعة لدرجة حرارته المطلقة^(١)، وهذا يعطى صورة توضيحية لسلوك الشمس والأرض كأجسام سوداء. وعليه فإن معرفة درجة حرارة الأرض في منطقة ما تمكن من حساب الكمية التقريبية للإشعاع الذي تبثه والتوزيع الطيفي لهذا الإشعاع. كما توجد علاقة بين درجة حرارة الجسم المشع وطول موجة النهاية القصوى للث الإشعاعي؛ فالشدة العظمى لإشعاع الأرض يكون عند طول

(١) درجة الحرارة المطلقة هي درجة الحرارة المعادية (مئوية) + ثابت كالفن وهو ٢٧٣.

موجة ١٠ ميكرون، بينما الشدة العظمى لإشعاع الشمس يكون عند طول موجة يقارب من ٠.٥ ميكرون. وإذا كانت الأرض تشع كجسم أسود عند درجة حرارة ٣٠٠ كالفن، وبما أن طول موجات الأشعة التي تبثها يتراوح مداه بين ٣ - ٥٠ ميكرون، فإن هذه الأشعة الأرضية طويلة الموجة تلعب دوراً كبيراً في التوازن الإشعاعي الطويل الأمد في الجو. ومعظم الأشعة طويلة الموجة - الشمسية والأرضية - تمتص في الجو من قبل بخار الماء وثنائي أكسيد الكربون وغطاء السحب، وتقوم هذه المواد بدور غطاء واقٍ للأرض أثناء الليل يحميها من البرودة، إلا أن هناك فوتونات إشعاعية لا تمتصها مركبات الجو ولذا فإنها ترتد نحو الفضاء الخارجي، وتعرف تلك الفوتونات بالنوافذ، وهي ما تقع ضمن مدى طول موجة يتراوح بين ٨ - ١٣ ميكرون، و ٤ - ٦ ميكرون. وينص قانون كيرشوف Kirchhoff أنه عند درجة حرارة معينة فإن نسبة القوة الامتصاصية إلى القوة الانبعاثية لطول موجة معين يكون واحداً في كل الأجسام، ولذلك فإن الجسم الماص بشكل جيد هو في الوقت نفسه جسماً مشعاً بشكل جيد.. والعكس صحيح. وتحتل الأشعة قصيرة الموجة ضمن الطيف الشمسي نسبة تقارب ٥٠٪، والبقية تتمثل في الأشعة الطويلة الموجة الحرارية (الحمراء وتحت الحمراء). والأشعة المرئية هي تلك التي تشكل ضوء الشمس، وهي أشعة قصيرة الموجة (تحتل نسبة ٤١٪ و ٩٪ الباقية عبارة عن أشعة فوق بنفسجية وأشعة إكس وجاما).

وفي أثناء النهار فإن الأشعة القصيرة الموجة تكون هي المسيطرة، ومع هذا فإن الإشعاع الصافي يكون متجهاً نحو سطح الأرض. أما في الليل فإن الأشعة طويلة الموجة (الأشعة الحرارية) المتجهة نحو السماء تكون هي الغالبة، وهذا ما يجعل درجات الحرارة الليلية أخفض من درجات الحرارة النهارية. إلا أن غطاء السحب يمنع تسرب الأشعة نحو الفضاء حيث يعيد جزءاً كبيراً منها نحو سطح الأرض مما يحمي الأرض من البرودة، وهذا ما دلت عليه القياسات التي تمت في مدينة سيدني (أستراليا) في شهر أبريل، حيث أن درجة الحرارة لم تنخفض سوى ٢.٤° فيما بعد الفترة التالية لغروب الشمس بثلاث ساعات في الجو الملبد بالسحب، لكنها انخفضت ٦.٢°م في حال خلو السماء من السحب.

٢ - سطوح الشمس، وكمية القيوم

يرتبط هذان العنصران ارتباطاً وثيقاً بالإشعاع، ففترة الإضاءة، ونسبة الغيوم تحددان إلى درجة كبيرة كمية الأشعة الواصلة إلى سطح الأرض، والصادرة منه تجاه الفضاء الخارجي.

١ - سطوع الشمس : المقصود بسطوع الشمس هي فترة الإضاءة المحددة بالفترة التي تبقى فيها الشمس ساطعة في السماء، وهنا فإنه يجب علينا التمييز بين المدة الفعلية لسطوع الشمس، وبين عدد الساعات العظمى الممكنة لسطوع الشمس (طول النهار) . وهناك العديد من العلاقات التي تربط بين الإشعاع وسطوع الشمس، ولربما أفضل تلك العلاقات هي العلاقة التالية (على موسى، ١٩٨٢) :

$$Q/Q_0 = 0.29 \cos \varphi + 0.52 n/N$$

حيث:

Q = الإشعاع الكلي على سطح أفقي عند عرض φ .

Q_0 = الإشعاع الكلي في حال انعدام الجو عند عرض φ .

n = المدة الفعلية لسطوع الشمس .

N = المدة النظرية لسطوع الشمس .

$\cos \varphi$ = جيب تمام زاوية العرض φ .

ومن الأفضل أن تستخدم هذه العلاقات لفترات طويلة، كأن تكون متوسطات ١٠ أيام على الأقل، حيث أن القيم التي تغطيها أيام فردية تكون غير دقيقة .

ب - كمية الغيوم: هو اصطلاح يشير إلى درجة تغطية السماء بالسحب، وعلى هذا فإن وجود السحب بالسماء له انعكاس على فترة الإضاءة الشمسية، علماً بأن الفترة الليلية من اليوم تحتوي على سحب، وللغيوم الليلى الكثير من الفوائد في مجال التطبيقات المناخية . وحسب الغيم كنسبة مئوية من تغطية السماء بالسحب، فإذا ما كانت السماء مغطاة كلياً بالسحب فإن نسبة الغيم تكون ١٠٠ %، أما إذا كان نصف السماء مغطى بالسحب، فالنسبة عندها تكون ٥٠ % . وأحياناً يستخدم مقياس الثمن أو العشر . ومعرفة عدد الأيام الغائمة تعطى صورة عن الأحوال المناخية العامة في المنطقة^(١)، خاصة اعتدال المناخ أو تطرفه، قرب المنطقة من البحر أو بعدها عنه .

٣ - درجة الحرارة

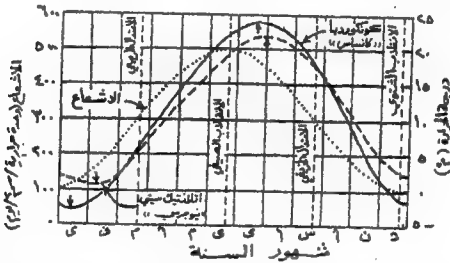
تعد درجة الحرارة المظهر الرئيسى للإشعاع، ويتعلق بكل من الأشعة الأرضية والأشعة الشمسية، فهي محصلة لهما . وتلعب الصفات الفيزيائية للأسطح المشعة والعاكسة

(١) يكون اليوم غائماً إذا كانت نسبة تغطية السماء بالسحب لا تقل فيه عن ٧٠ % (أى $\frac{7}{10}$ أو $\frac{1}{8}$ تقريباً).

دوراً كبيراً في تحديد درجة حرارة تلك الأسطح وجوها القريب منها، وهناك عدة أجهزة لقياس الحرارة، كما أن وحدات القياس متنوعة، منها المقياس المئوي، والمقياس الفهرنهايتي، ومقياس كالفن (المقياس المطلق).

وتتميز درجة الحرارة على سطح الأرض بالاختلاف الكبير جداً، فالفارق ما بين أعلى درجة حرارة وأدنى درجة حرارة بلغ نحو 147° مئوية، حيث سجلت أعلى درجة حرارة في سان لويس (المكسيك) ومقدارها 58° مئوية ومثلها تقريباً في بلدة العزيزية بليليا، أما أدنى درجة حرارة فكانت -88° مئوية في القارة القطبية الجنوبية. إلا أن أعلى متوسط سنوي للحرارة بلغ 35° مئوية في منطقة دالول Dallol في أثيوبيا، بينما سجل أدنى متوسط سنوي للحرارة عند قطب البرد في القارة القطبية الجنوبية وكان مقداره -58° مئوية.

١ - الدورة السنوية للحرارة : ترتبط الدورة السنوية لدرجة الحرارة في المناطق الخالية من السحب ارتباطاً وثيقاً بميل الأشعة الشمسية عن الوضع العمودي، ولكن مع فترة تأخير تقارب شهر للنهايات الحرارية عن النهايات الإشعاعية (شكل رقم ٢ - ٤). وإذا كان التأخير يتراوح بين ٢ - ٤ أسابيع في المناطق القارية، فإنه يصل إلى ٦ - ٨ أسابيع في المناطق البحرية.

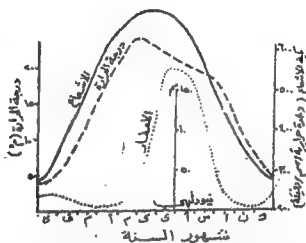


(شكل رقم ٢ - ٤) العلاقة بين درجة الحرارة والإشعاع الشمسي في منطقتين؛

إحداهما بحرية (أتلانتيك سيتي) والأخرى قارية (كوتكورديا)

وإذا كانت السحب عامل تدفئة أثناء الليل، فإنها عامل تبريد أثناء النهار حتى ولو كان هناك في النهار فإن الحرارة الكامنة المنطلقة أثناء التكاثف لا تعوض تلك التي

تعكسها السحب وتنفسها قطرات الماء (شكل رقم ٣ - ٤) . ولما كان لبخار الماء دوراً في منع الإشعاعات الأرضية الليلية طويلة الموجة من الانطلاق نحو الفضاء، لذا فإن المدى السنوي للحرارة يكون في المناطق البحرية أقل من المناطق القارية؛ ففي جاليوت (جزيرة مارشال) لا يزيد المدى السنوي عن ٠.٥° مئوية لكنه يقارب ٤٠° مئوية في وينيج (كندا).



(شكل رقم ٣ - ٤) درجة الحرارة والأمطار والإشعاع الشمسي في فيودلبي - الهند

ب - **الدورة اليومية للحرارة:** وهي تشبه النذرة السنوية في أنها تتعلق بالإشعاع الشمسي - إذا لم تتدخل العوامل الأخرى - ، وهي أيضاً تختلف في المناطق البحرية عنها في المناطق القارية، فالمدى اليومي للحرارة لا يزيد في جاليوت عن ٦° مئوية (منطقة بحرية) لكنه يصل إلى ١٣° مئوية في وينيج (منطقة قارية) . وتتأخر النهايات الحرارية عن النهايات الإشعاعية أيضاً، فأقصى درجة حرارة تسجل حوالي الساعة الثانية بعد الظهر، في حين أن أدنى درجة حرارة تسجل قرابة الساعة الخامسة صباحاً (قبل شروق الشمس) .

ج - **تغير درجة الحرارة مع الارتفاع:** إن درجة الحرارة تتناقص مع زيادة الارتفاع بمعدل يقترب من ٠.٥٥° مئوية لكل ارتفاع مقداره ١٠٠ متراً . وأن عملية التناقص هذه عملية ذاتية أو أدبياتية ناجمة عن تمدد الهواء مستمداً الطاقة المبدولة من طاقته الداخلية . ومعدل التناقص هذا ليس واحداً فهو يختلف في الأجواء الحارة عن الباردة، وفي الرطوبة عن الجافة، إلا أن مداه يتراوح بين ٠.٤° - ٠.٨° مئوية وأحياناً أكثر (١° مئوية لكل ١٠٠ متر ارتفاع في الجو الجاف) . وإذا كان المدى الحراري اليومي يتزايد مع الارتفاع

عن سطح البحر، فإن المدى السنوى يقل. كما أن فترة حدوث درجة الحرارة العظمى والصغرى تتأخر في المستويات العليا عما هي عليه في المستويات السفلى.

وفي السنتيمترات الأولى القريبة من سطح الأرض يكون اختلاف الحرارة كبيراً جداً، إذ تبين من القياسات التي تمت في جنوب الجزيرة العربية في الفصل الحار النتائج التالية (على موسى، ١٩٨٢):

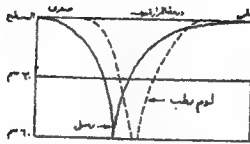
(أ) ٧١° مئوية عند السطح مباشرة، ٣٨° مئوية عند ارتفاع متر واحد فقط.

(ب) ٧٧° مئوية عند السطح مباشرة، ٤٩° مئوية عند ارتفاع ٥ سنتيمتر فقط.

د - درجة حرارة التربة: تعتمد درجة حرارة التربة على عاملين رئيسيين، هما: التوصيل الحراري، والسعة الحرارية. وتختلف فاعلية هذين العاملين باختلاف حالة التربة، إذا كانت رطبة أم جافة، وإذا كان الهواء موصلاً ردياً للحرارة (١٠٠٣ وحدة حرارية/سم^٢/دقيقة) فإنه موصل جيد للإشعاع، غير أن الأمر ينعكس في التربة، فهي ذات توصيل للحرارة أفضل من الهواء، لكنها موصل ردي جداً للإشعاع. ومع هذا فإن درجة حرارة التربة تختلف عن درجة حرارة الهواء.

ونسيج التربة أو قوامها يحدد الكثير من صفاتها الحرارية، فالتربة الرملية الجافة تسخن بسرعة كبيرة عند السطح أثناء النهار، بسبب سعتها الحرارية القليلة وتوصيلها الردي، ولكن عند عمق سنتيمترات قليلة تنقص الحرارة نقصاً كبيراً (شكل رقم ٤: - ٤)، إلا أن الأمر يختلف في تربة غرينية (لومية) رطبة، إذ أن تغير درجة الحرارة مع العمق يكون أكثر بطلاً لأن توصيل الحرارة أكبر، إلا أن سطحها لا يسخن كما يسخن سطح التربة الرملية. وفي الليل يحدث العكس، فالتربة الرملية تبرد بسرعة أكبر من سرعة التربة الغرينية، بسبب التوصيل الردي للحرارة من الأسفل.

وهذه بعض القيم المتوسطة التي توضح درجات حرارة التربة لأعماق مختلفة (على موسى، ١٩٨٢)؛ فعند عمق ٣ متر يقترب المدى السنوى للحرارة من ٣° مئوية، ينخفض إلى ٢° مئوية عند عمق ٦ متر، ويصبح درجة مئوية واحدة فقط عند عمق ١٠ متر. أما في الماء، فإنه بسبب قدرته على نقل الإشعاع إلى أعماق عدة أمتار، فإن هذا يجعل المدى السنوى يقترب من ٥° مئوية عند عمق ٢٠ متراً، لكنه ينخفض إلى درجة مئوية واحدة عند عمق ٥٠ متراً.



(شكل رقم ٤٠ - ٤) التمثط اليومي لاختلاف درجة الحرارة حسب نوع التربة

وكما هي الحال في الهواء الحر، فإن النهايات الحرارية في التربة تتأخر عن النهايات الإشعاعية، بسبب حركة نقل الحرارة ضمن التربة. ويوجه عام فإن التأخير يبلغ قرابة ١٢ ساعة عند عمق ٣٠ سنتيمتراً، وقرابة ٦ أشهر عند عمق ١٠ أمتار، وهكذا نجد أن الفترة الأكثر حرارة أثناء اليوم تكون عند منتصف الليل على عمق ٣٠ سنتيمتراً، بينما تكون الفترة الأكثر حرارة من السنة في الشتاء على عمق ١٠ أمتار.

ولا تقل حرارة التربة أهمية عن حرارة الهواء بالنسبة للزراعة، حيث تعد العوامل الرئيسية التي تؤثر على الإنبات ونمو الجذور، وعلى اختصاص الماء والعناصر الغذائية الموجودة في التربة.

٤ - التساقط

المقصود بالتساقط هو كل ما يسقط من السماء بشكل سائل (مطر) أو صلب (ثلج أو برد). ولا بد لحدوث التساقط من أن يكون الجو مشبعاً ببخار الماء، وهذا يتطلب إما إمداداً ببخار الماء، أو إنخفاضاً في درجة الحرارة، ولذا لا بد من حدوث التبريد حتى يتكاثف بخار الماء متحولاً إلى قطرات يعجز الهواء عن حملها، ولا بد من توفر بعض الجسيمات من المادة في الجو، كالغبار والدخان، وذرات الملح ... إلخ، والتي تشكل نويات تكاثف.

وتبريد الهواء يتم بصعوده لأعلى، وهناك ثلاث طرق لهذا الصعود هي:

- أ - الصعود التضاريسي أو الأوروجرافي؛ ويرجع هذا إلى اصطدام الكتلة الهوائية بحاجز تضاريسي مرتفع مما يجبرها على الصعود، ومن ثم يبرد الهواء.
- ب - الصعود بطريق الحمل؛ ويتجم عن التسخين الشديد لسطح الأرض، مما يجعل الهواء يتمدد ويصعد لأعلى.

جـ - الصعود الإعصاري (الجبهى)؛ ويتم بفعل تصادم كتلتين هوائيتين مختلفتين في درجة حرارتهما ورطوبتهما، مما يجعل الكتلة الحارة الأخف تصعد لأعلى فتبرد ويتكاثف بخار مائها ويتم التساقط.

وباستثناء المناطق الواقعة بين الدائرتين القطبيتين والقطب حيث معظم التساقط يكون ثلجياً، فإن بقية من اطق الأرض يغلب فيها التساقط المطرى. وللأمطار أهمية كبرى بالنسبة لكافة أشكال الحياة.

ولا ريب أن الأمطار - وأشكال التساقط الأخرى - هي مصدر الماء السطحي والجوفي، وعلى هذه المياه تقوم الزراعة، وتربية الحيوان. واختلافات الأمطار أشد وأعظم من اختلافات الحرارة، فهناك مناطق لا تتلقى في بعض السنوات قطرة مطر واحدة، في حين تجد مناطق أخرى تتلقى مئات السنتيمترات من الأمطار في السنة. وأعلى معدلات مطرية سجلت حتى الآن كانت في ولايات أسام الهندية، وفي جزيرة هاراي، وجبال الكاميريون. حيث بلغ معدل الأمطار السنوية في تشيرابونجي (الهند) ما يقرب من ١١,٥ متر، ومثله أيضاً سجل في جبال وايا ليليا Waialeale (هاواي)، كما أن ديبيرندستشا في الكاميريون سجلت ١٠,٣ متر. إلا أن أجف مناطق الأرض هي صحراء انكاما، والصحراء الكبرى، ففي أريكا (شيلي) ووادى حلفا (السودان) قد تمر عليهما عشر سنوات دون أن تسقط عليهما كميات تذكر من الأمطار.

وكانت أعلى كميات مطر سنوية وشهرية ونصف شهرية سجلت حتى الآن في تشيرابونجي، بينما أكبر كمية مطر يومية سجلت في بلدة سيلابن (جزيرة ريليون)، أما أكبر كمية مطر سقطت في دقيقة واحدة فكانت في بلدة أليديونفيل (ولاية ميرلاند الأمريكية). والجندول التالي يبين أكبر كميات مطر سقطت حتى الآن على مدار السنة ومدتها.

المكان	الكمية (مم)	التاريخ	المدة
شيرابونجي (الهند)	٢٦٤٧٠	أغسطس ١٨٦٠، يوليو ١٨٦١	١٢ شهر
شيرابونجي (الهند)	٢٢٩٩٠	يناير - نوفمبر ١٨٦١	١١ شهر
شيرابونجي (الهند)	٢٢٤٥٤	أبريل - سبتمبر ١٨٦١	٦ أشهر
شيرابونجي (الهند)	٩٣٠٠	يوليو ١٨٦١	شهر واحد

١٥ يوم	٢٤ يونيو - ٨ يوليو ١٩٣١	٤٧٩٨	شيرابونجي (الهند)
٥ أيام	١٣ - ١٨ مارس ١٩٥٢	٣٨٥٤	سيلوس (رينيون)
٢ يوم	١٥ - ١٧ مارس ١٩٥٢	٢٥٠٠	سيلوس (رينيون)
٢٤ ساعة	١٥ - ١٦ مارس ١٩٥٢	١٨٧٠	سيلوس (رينيون)
١٢ ساعة	٢٨ - ٢٩ فبراير ١٩٦٤	١٣٤٠	بيلويقي (رينيون)
٦ ساعات	٢٨ فبراير ١٩٦٤	١٠٨٧	بيلويقي (رينيون)
٢ ساعة و ٤٥ دقيقة	٣١ مايو ١٩٣٥	٥٥٨	هانس (تكساس)
٤٢ دقيقة	٢٢ يونيو ١٩٤٧	٣٠٥	هولت (ميسوري)
٨ دقائق	٢٢ مايو ١٩٢٠	١٢٦	فرسون (إفاناريا)
دقيقة واحدة	٤ يوليو ١٩٥٦	٣١	ألبينوفيل (ميريلاند)

وتتسم اختلافات الأمطار بأنها كبيرة ما بين سنة وأخرى، وشهر وآخر، وقد يصل هذا الاختلاف إلى درجة تؤثر على المحاصيل الزراعية وخاصة المطرية منها. ويستعمل لمعرفة مدى تغير الأمطار عن معدلها العام؛

١ - مقياس الانحراف المعياري:

$$ع = \sqrt{\frac{\sum (س - م)^2}{ن}}$$

حيث: ع = الانحراف المعياري

س = كمية المطر السنوية

م = معدل كمية الأمطار السنوية

ن = عدد السنوات

مجم = مجموع

٢ - كما يستخدم أحياناً معامل الاختلاف:

$$\text{معامل الاختلاف} = \frac{\text{الانحراف المعياري}}{\text{معدل كمية الأمطار}} \times ١٠٠$$

وكما كانت المنطقة أقل أمطاراً كلما ازدادت قيمة معامل الاختلاف.. والعكس صحيح. ومما لاشك فيه أن الأمطار التي تسقط في فترة الليل أكثر أهمية بالنسبة للمحاصيل الزراعية من الكمية الساقطة أثناء ساعات النهار الحارة، ذلك أن كمية الفاقد

بالتبخّر أثناء الليل مقارنة بالنهار تكون محدودة . وفي مناطق أمطار الحمل فإن الجزء الأكبر من الأمطار يسقط في فترة بعد الظهيرة وحتى المساء .

وكما هو معروف فإن كمية التساقط تتزايد مع تزايد الارتفاع عن مستوى سطح البحر، ومعدل التزايد هذا يختلف مع المظهر الطبوغرافى، ومع الحالة الجوية العامة السائدة . إلا أن التساقط لا يتزايد بصورة مطلقة مع تزايد الارتفاع، ذلك أن هناك مستوى يكون عنده الهواء قد فقد الجزء الأكبر من حمولته من بخار الماء، وهذا المستوى هو الذى يعرف بمستوى التساقط الأعظم يعقبه تناقص فى كمية التساقط مع الارتفاع . وإذا كان مستوى التساقط الأعظم يقع على ارتفاع ١٠٠٠ متراً فى هاواى، فإنه يزداد حتى ارتفاع ٣٠٠٠ متراً فى أفريقيا الشرقية، وفى جبال نيفادا فى ولاية كاليفورنيا يقع على ارتفاع يقترب من ١٥٠٠ متر.

- الثلج : لسا بصدد التعرض لآلية تشكيل البلورات الثلجية، وإنما بصدد تحديد كميات الثلج الساقطة، والتي تغزّر كلما ازدادت برودة المنطقة . ويندر سقوط الثلج فيما بين المداريّ سوى فى الأجزاء المرتفعة منها، بينما يشكل تساقط الثلج فى مناطق العروض العليا حقولاً ثلجية بسمك يزيد عن بضعة أمتار . وفى بعض الحالات يصعب معرفة كمية الثلج الساقطة فعلاً من السماء بسبب الثلوج المنجرفة والمثارة بفعل العواصف الريحية . ورغم أن الثلج يحمى التربة من خطر الصقيع، إلا أنه أيضاً يشكل مخزوناً مائياً للتربة فى حال ذوبانه . إلا أن الأمر المهم هو معادلته للماء، وهذا يعتمد على عمق الثلج وكثافته، وكثافة الثلج تختلف من حالة إلى أخرى اختلافاً كبيراً، وتتراوح عموماً بين ٠,٠٠٤ إلى ٠,٩١، ولذا فإن سمك ١٠ سنتيمتراً من الثلج القديم قد تعادل ما يقترب من ٧ سنتيمتراً من الماء، بينما إذا كانت تلك الكمية من الثلج حديثة السقوط فإنها لا تكافئ أكثر من سنتيمتر واحد من الماء وهو المكافئ العادى . وإذا كان خط الثلج الدائم يقع على ارتفاع ٤٧٠٠ متر عند خط الاستواء، فإنه يكون على ارتفاع ٥٢٠٠ متر فى المناطق المدارية الجافة، لكنه ينخفض إلى ٣٠٠٠ متر عند دائرة عرض ٤٥ شمالاً، وإلى ١٤٠٠ متر عند عرض ٦٠ درجة شمالاً، وفى نصف الأرض الجنوبي فإن تلك القيم تكون أقل .

- البرد : يعد البرد من أخطر الظواهر الجوية المصاحبة للعواصف الرعدية، ويدل سقوطه على وجود حركة رفع قوية للهواء مكنت من نشأة سحب . وتتراوح قطر حبة البرد

١ لساقطة بين ٥ - ٥٠ ملليمتر وأحياناً قد يزيد عن ذلك. وتسقط البرد أخطار كبيرة ليس على الحاصلات الزراعية التي تكون في مراحل نموها الأولى، وإنما على الحاصلات التي تكون في مرحلة النضج، وعلى الأشجار، والحيوانات، وحتى على الإنسان ذاته فيما إذا كان في العراء وكانت حبات البرد كبيرة الحجم.

٥ - الرطوبة الجوية

الرطوبة الجوية هي كمية بخار الماء في الهواء والتي لها أهمية كبيرة بالنسبة لكافة الظواهر المائية. وتزداد قدرة الهواء على حملته من بخار الماء بازدياد درجة حرارته. ومصدر بخار الماء الجوى يتمثل في المسطحات المائية، والنباتات، وسطح الأرض الرطب، حيث تتبخر المياه من تلك الأجسام وينتقل البخار إلى الجو. ويعبر عن الرطوبة الجوية بعدة اصطلاحات هي:

١ - ضغط بخار الماء، ويعبر عن قوة الضغط التي يمارسها بخار الماء الموجود في الجو على وحدة المساحة، ويصل ضغط بخار الماء أقصاه عندما يكون الهواء مشبعاً ببخار الماء (ضغط بخار الماء المشبع).

٢ - نقص الإشباع، وهو مقدار الفرق بين ضغط بخار الماء المشبع وبين ضغط بخار الماء الموجود فعلاً في الهواء.

٣ - الرطوبة المطلقة، وتشير إلى وزن بخار الماء الموجود في وحدة حجم من الهواء، (جرام/سم^٣) أو كيلوجرام / متر مربع.

٤ - الرطوبة النسبية، وتشير إلى وزن بخار الماء بالنسبة إلى وحدة وزن الهواء (جرام/كيلوجرام).

٥ - الرطوبة النسبية، هي النسبة بين كتلة بخار الماء الموجودة فعلاً في حجم من الهواء إلى كتلة بخار الماء اللازمة لتشبع حجم الهواء هذا عند درجة الحرارة نفسها.

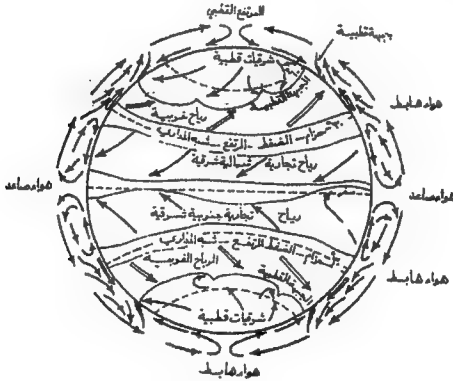
$$\text{أو: الرطوبة النسبية} = \frac{\text{ضغط بخار الماء الفعلي}}{\text{ضغط بخار الماء المشبع}} \times 100$$

٦ - نقطة الندى، هي درجة الحرارة التي يكون عندها الجو مشبعاً ببخار الماء، حيث يبدأ عندها حدوث تكاثف لبخار الماء.

٦ - حركة الهواء (الرياح)

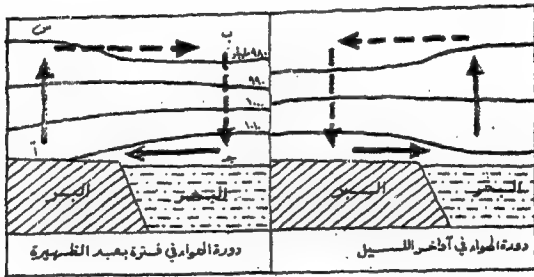
يعد تحرك جزئيات الهواء من منطقة إلى أخرى محصلة لاختلافات الضغط بين هذه المنطقة والمنطقة الأخرى. وترجع اختلافات الضغط الجوي في الأساس إلى عملية التسخين المتباين، والتي يدمج عليها تحرك الهواء على مستوى محلي. أما حركة الهواء على مستوى نطاقى، فإن الأسباب الديناميكية تلعب دوراً في نشأة الضغوط المرتفعة أو المنخفضة. ومن نماذج الضغوط الكبرى في العالم؛ الضغط المنخفض الاستوائى (حرارى) والضغط المرتفع المدارى (ديناميكي)، والضغط المنخفض دون القطبى (ديناميكي) والضغط المرتفع القطبى (حرارى). وينجم عن تباين الضغوط نوعان لحركة الهواء.

١ - الحركة الأولى، حركة عامة رئيسية (شكل رقم ٥ - ٤). وتتمثل في تلك الكتل الهوائية الضخمة المنطلقة من الضغط المرتفع المدارى تجاه خط الاستواء (رياح تجارية)، أو تجاه الضغط المنخفض دون القطبى (العكسيات الغربية)، أو تلك الكتل المنطلقة من الضغط المرتفع القطبى تجاه الضغط المنخفض دون القطبى (الشرقيات القطبية).



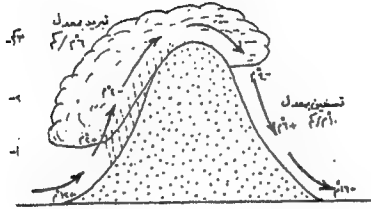
(شكل رقم ٥ - ٤) الحركة الهوائية العامة

٢ - أما الحركة الثانية، فهي حركات هواء يومية أو محلية ناجمة عن تأثير العوامل الجغرافية المختلفة على درجة الحرارة وبالتالي الضغط الجوي، وتلعب كتل الماء المتداخلة في اليابسة، ومظاهر سطح الأرض المختلفة دوراً في ذلك. ومن أمثلة حركة الهواء اليومية؛ نسيم البر والبحر، والذي يمثل دورة يومية للهواء ما بين البر والبحر (شكل رقم ٦ - ٤)، فحركة الهواء تكون أثناء النهار من البحر إلى البر (نسيم البحر) وفي الليل من البر تجاه البحر (نسيم البر)، وذلك لأن اليابس يكون مركزاً لضغط مرتفع في الليل ومنخفض في النهار، أما البحر فالحالة تكون فيه معكوسة.



(شكل رقم ٦ - ٤) نسيم البر والبحر

أما رياح الفوهن - وهي من نوع الرياح المحلية - فتحدث تقريباً في كل المناطق الجبلية على الجانب المعاكس لوجهة الرياح من السلسلة الجبلية. فعندما يعبر الهواء سلسلة جبلية فإنه يضطر إلى الصعود على الجانب المواجه له ويصعده يبرد ويحدث التكاثف وبالتالي فإن معدل إنخفاض الحرارة يكون قليلاً، وما أن يعبر الهواء قمم الجبال حتى يهبط على المنحدر الآخر وتزداد حرارته بالانضغاط، كما وتخفض رطوبته، ولذا يكون عند مقدمة الجانب المعاكس هواءً حاراً وجافاً (شكل رقم ٧ - ٤)، ولقد سجل ارتفاع في درجة الحرارة حوالي ٢٧° مئوية خلال دقيقتين في سبرفيس Spearfish في داكوتا الجنوبية بالولايات المتحدة.



(شكل رقم ٦-٤) رياح الضوئن

أما رياح الجاذبية Gravity wind فتحدث بسبب برودة السطح في ساعات الليل مسبباً فروقات في كثافة الهواء على طول المنحدر، حيث يأخذ الهواء الأكثر برودة عند القمة والمنحدرات العليا بالانحدار تجاه الوديان والمنخفضات تحت تأثير، مما يندمج عن ذلك تراكب الهواء البارد عند المنخفضات، ويعرف هذا بنسيم الجبل (شكل رقم: ٨ - ٤).



(شكل رقم ٨-٤) رياح الجاذبية

الفصل الخامس

المناخ ومكونات الوسط البيئي الطبيعي

المناخ ومكونات الوسط

البيئي الطبيعي

مقدمة

يتكون الوسط البيئي الطبيعي من ثلاثة عناصر أساسية هي المياه والتربة والنبات الطبيعي. ومن الأرجح القول أن تباين هذه العناصر الثلاثة على سطح الأرض يرجع أساساً إلى اختلاف الظروف المناخية. ويهتم هذا الفصل بمعالجة دور المناخ في تشكيل الماء الأرضي الذي هو الشكل المرئي والمحسوس على سطح الأرض للماء الجوي، كما أن الماء الأرضي هو مصدر الماء الجو وإذا فإن الصلة بينهما صلة وثيقة لا يمكن فصلها. كما أن المناخ يلعب دوراً هاماً في بناء التربة إلا أنه يعد أيضاً عامل هدم وتخريب للتربة عن طريق جرفها وتعريفها وتحديد حجم المادة المنجرفة، ويبرز ذلك عندما يتم القضاء على الغطاء النباتي الطبيعي تماماً. ولا يتوقف دور المناخ عند هذا الحد بل يتجاوزه في تأثيره على تحديد نموتج النبات الذي ينمو في منطقة معينة دون سواها. ومن هنا فإن هذا الفصل يركز على توضيح العلاقة القائمة بين المناخ والمياه والتربة والنبات. كل على حدة.

أولاً، المناخ والمياه

مما لا شك فيه أن المياه من أهم مكونات الوسط البيئي الطبيعي، ما كان منها ظاهراً فوق سطح الأرض أو مستترا تحته. فبالإضافة إلى أهميتها في تشكيل مظاهر السطح فإن الارتباط بين وجود حياة نباتية طبيعية وبين الماء ارتباطاً وثيقاً جداً، حيث لا حياة نباتية دون مياه. والإنسان ليس أقل من النبات في احتياجه للماء، فهي أيضاً عماد وجوده، فالإنسان قد يستطيع العيش أياماً عديدة دون طعام ولكنه يتعذر عليه العيش بضعة أيام دون ماء. وتؤثر المياه بشكل غير مباشر على الإنسان لأنها الأساس لوجود بقية الكائنات الحية، نباتية وحيوانية، والتي هي عماد غذائه.

وإذا كان علم الهيدرولوجيا يركز على دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للماء، فإنه يهتم أيضاً بمعالجة أشكال المياه الموجودة فوق السطح وتحتة، وحركات هذه المياه، والتغيرات التي تطرأ على هذه الحركات وما ينجم عنها من آثار. ولذا كان الجانب التطبيقي لعلم الهيدرولوجيا يتمثل في عملية ضبط الفيضانات، وتخزين المياه.

والرى . واستغلال الطاقة الكهربائية، وحيث أن علم الهيدرولوجيا يتطور كعلم مستقل،
فإن ارتباطه بعلم المناخ ارتباطاً غير قابل للانفصال.

- مصدر المياه السطحية والجوفية

يعد التساقط بكافة أشكاله المصدر الرئيسى لمختلف الأشكال المائية على سطح الأرض وتحتة. وماء سطح اليابسة هو محصلة للمياه الواردة من السماء عن طريق التساقط والمياه المغفودة من الأرض وللمتمثلة فى الكميات المتبخرة من سطح التربة والنبات وتلك التى تجرى باتجاه البحار والبحيرات والمحيطات عبر المجارى النهرية، وما يتسرب ضمن فراغات التربة إلى الأعماق.

ويمكن أن يتم التساقط بالأشكال التالية:

١- الضباب: وهو عبارة عن سحب مستوى قاعدتها عند سطح الأرض، وتتركب من تجمع مرئى لقطرات دقيقة من الماء العالق فى الجو.

٢- الضباب الدخاني Smog: وهو عبارة عن ضباب ملئ بالملوّثات الصناعية.

٣- الرذاذ: وهو عبارة عن تساقط مائى بشكل قطرات دقيقة وقريبة جداً من بعضها. والمتعارف عليه أن التساقط بشكل رذاذ يتم عندما يكون قطر القطيرات أقل من ٥٠٠ ميكرومتر، وتكون كمية الماء التى يعطيها الرذاذ وافرة فى بعض الأحيان حيث تصل إلى ١ ميلليمتر لكل ساعة.

٤- المطر: تساقط سائل على شكل قطرات من الماء قطرها أكبر من قطر قطرات الرذاذ (أكبر من ٥٠٠ ميكرومتر).

٥- التبدى: عبارة عن تكاثف لجزيئات الماء على الأجسام الموجودة عند سطح الأرض أو بالقرب منه.

٦- المطر شبه المتجمد Sleet: وهو عبارة عن تساقط خليط من المطر والثلج وأحياناً يدخل فيه شظايا جليد.

٧- حبات الجليد: وهو تساقط بشكل كرات صغيرة شفافة من الجليد. قطرها أقل من ٥ مم. وتأخذ شكلاً كروياً أو غير منتظماً.

٨- البرد: عبارة عن حبات من الجليد. يتراوح قطرها بين ٥ - ٥٠ مم. ويصل أحياناً إلى أكثر من ذلك، وتنتج من السحب التى تعرف باسم سحب الركام المرنى.

٩- الثلج؛ عبارة عن بلورات بيضاء شفافة من الجليد، عادة ما تتخذ شكلاً نجمياً. وأحياناً تذوب بعض بلورات الثلج قبل وصولها إلى سطح الأرض. بحيث يأخذ التساقط شكل مزيج من الثلج والمطر (Sleet).

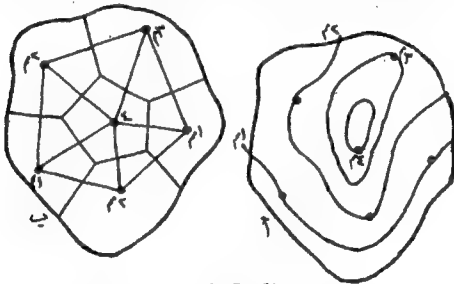
١٠- الفيرجا Virga؛ قطرات من الماء أو قطع من الجليد تساقطت من السحابة ولكنها تبخرت قبل أن تتمكن من الوصول إلى سطح الأرض.

ويعد التساقط المطري أهم أشكال التساقط على سطح الأرض، ذلك أن معظم مناطق الأرض يكون فيها التساقط مطرياً، باستثناء العروض العليا حيث يغلب عليها التساقط الثلجي. وسواء كان التساقط مطرياً أو ثلجياً، فإن الأهمية الهيدرولوجية لكل منهما تتمثل في دوره في تغذية المياه السطحية والجوفية. فإذا كانت الثلوج فوق سطح الأرض تساهم في تغذية المياه الجوفية حيث تتيح الفرصة للتسرب البطيء عبر فراغات التربة، إلا أن دورها أيضاً في الجريان السطحي كبير جداً، إذ ما أن ترتفع درجة الحرارة ويبدأ الثلج المتراكم بالذوبان حتى تبدأ مواسم بداية فيضانات تلك الأنهار، وأكثر الأنهار الواقعة في العروض العليا تتلقى معظم تغذيتها المائية من ذوبان الثلوج. وتحدد أشكال التساقط السائل المختلفة كمية المتسرب والجاري على السطح، فالتساقط على شكل رذاذ معظمه يتسرب عبر السطح أو يتبخر إلى الجو، في حين أنه كلما اشتدت غزارة التساقط وكبرت حجم قطراته كلما كان أكثر فاعلية في الجريان السطحي. ولذا فإنه كلما انحصرت الكمية المطرية الكبرى في فترة قصيرة كلما كانت أكثر أهمية بالنسبة لعلماء المياه. وما يسقط في فترة ٢٤ ساعة أو دون ذلك ذو أهمية أكثر من تلك الكمية التي تسقط في شهر أو في سنة، غير أن الأهمية الدائمة لا تتحدد بالفترات القصيرة، لأن الجزء المتسرب ضمن فراغات التربة له الدور الأكبر في تغذية المياه السطحية. رغم الارتباط بين الماء تحت السطحي والظروف المناخية من تساقط وحرارة.

والتساقط الذي يصل سطح الأرض يقاس كعمق معين من الماء. بواسطة مقياس المطر، ويوصف التساقط أحياناً على أنه خفيف أو متوسط أو شديد. وفي هذا إشارة إلى عدد وحجم قطرات الماء التي تسقط على سطح الأرض في فترة زمنية معينة، وقد يكون التساقط مستمراً لفترة قد تزيد عن ٢٤ ساعة وقد يكون متقطعاً. وفي المناطق التي لا تتوفر فيها شبكة كثيفة من المحطات المطرية إلا أن التساقط فوقها يتصف بتجانسه، لذا فإنه من الممكن معرفة الحالة المطرية لكافة أجزاء هذه المنطقة من

خلال القياسات التي تعطىها أجهزة المطر في أماكن تواجدها، وبهذا يمكن أدراك العلاقة القائمة بين الجريان السطحي للمياه وقيم التساقط. أما في المناطق التي تنصف أمطارها بخلل في توزيعها لأسباب جغرافية، فإنه من الضروري عندئذ توفر شبكة كثيفة من محطات الرصد المطري حتى يمكن معرفة كمية التساقط الحقيقية في مجمل أجزاء المنطقة. إلا أنه لسوء الحظ فإن معظم مناطق العالم لا تتوفر فيها شبكات كثيفة من المحطات، وبالتالي فإن على علماء الماء أن يعتمدوا على التقديرات انطلاقاً من إحدى الطريقتين التاليتين؛

١- طريقة خطوط المطر المتساوية؛ حيث تحسب كمية المطر في المساحة المحصورة بين خطى مطر - شكل (١، أ، ٥) - ومن جمع الكميات الساقطة جميع المساحات المحصورة بين الخطوط المطرية المتساوية، وقسمة ذلك المجموع على مجموع المساحة يتم الحصول على معدل كمية التساقط في وحدة المساحة.



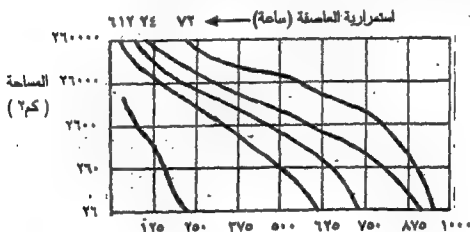
شكل رقم: (١ - ٥)

١- طريقة خطوط المطر المتساوية. ب - طريقة ليسن.

طريقة خطوط المطر المتساوية، وتيسن لحساب كميات المطر الهاطلة في منطقة ما
٢- باستخدام طريقة ثيسن Thiessen؛ والمعتمدة على الأشكال الهندسية المختلفة، حيث ترسم عدة أشكال هندسية للمنطقة موضع الدراسة، بحيث يكون في وسط كل شكل مقياس مطر (شكل رقم: ١، ب، ٥)، وبحساب مساحة كل الأشكال الهندسية ومعرفة نسبتها المئوية من المساحة العامة للمنطقة، يمكن عندها حساب المعدل العام للتساقط، وذلك بجمع كميات الأمطار المعدلة وفقاً لنسب المساحة

(بضرب كمية المطر للمقياس في النسبة المئوية للمساحة التي يمثلها المقياس يتم الحصول على الكمية المعدلة لهذه المساحة، وهكذا يتم الحصول على الكميات الأخرى للمساحات الأخرى، ومجموع الكميات تمثل معدل الأمطار العام للمنطقة).

وتعد غزارة الأمطار أو شدتها ذات أهمية بالنسبة لعلماء الماء، كما ذكرنا سلفاً، لتأثيرها على الجريان السطحي من جهة، ولاهيتها في دراسة الموازنة المائية في منطقة ما من جهة أخرى. وشدة الأمطار هي المقياس لكمية التساقط في فترة زمنية معينة قد تكون ساعة. ومن المهم دراسة احتمالات تكرار حدوث كميات مطر معينة ودراستها، وما يمكن أن ينجم عن ذلك. ومن الممكن تمثيل المعلومات الخاصة بشدة المطر أثناء العواصف المطرية في شكل بياني لتصبح فيه الكميات الساقطة في فترات زمنية معينة والامتداد المساحي للعاصفة المطرية (شكل رقم: ٥-٢).



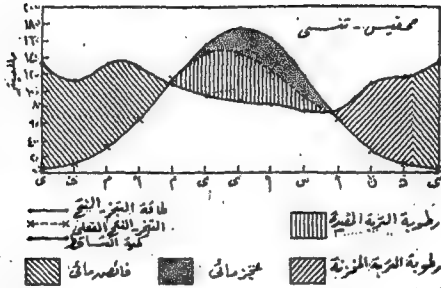
شكل رقم: (٥-٢)

الامتداد المساحي لعاصفة مطرية في الولايات المتحدة.

- طرق فقدان الماء على سطح الأرض

تعرض كمية المياه الساقطة بالأشكال التي ذكرناها سلفاً لعمليات عدة تحدد نسبة الاستفادة منها في المجال الزراعي. فجزء من المياه الساقطة يعود للجو مرة ثانية بالتبخير من التربة والنتج من النباتات، وجزء آخر يتصرب ضمن فراغات التربة السطحية ليشكل مخزوناً مؤقتاً ضمن التربة السطحية، أو يتصرب إلى الأسفل منجذباً بتأثير الجاذبية الأرضية ليشكل مخزون الماء الجوفي، أما الجزء المتبقى فهو الذي يجري فوق السطح على شكل مجار مائية (أنهار) تذهب بالمياه إلى المحيطات والبحار أو تتجمع في الحفر والبحيرات الداخلية.

(١) التبخر، كنا ذكرنا سلفاً بأن الطاقة الشمسية الواصلة الى سطح الأرض تقوم بتبخير جزء من ماء التربة والنبات، والمسطحات المائية، ذلك الماء المتبخر ينطلق بحالته الغازية نحو الجو ليشكل ما يعرف بالرطوبة الجوية مصدر التساقط. وتعتمد كمية المياه المتبخرة من الأجسام المختلفة على فارق ضغط الماء فوق هذا الجسم والهواء، كما وتتعلق بسرعة الرياح. ففي العروض الوسطى المرتفعة فإن ضغط البخار يختلف بشكل كبير من فصل الى آخر، فعند بحيرة ميتشجان حيث درجة الحرارة تتراوح بين الصفر إلى ٢٣ درجة مئوية، فإن ضغط البخار فوق الماء يتراوح بين ٦-٢٨ ملليبار، وإذا ما كان ضغط بخار الماء في الهواء يتراوح بين ٣ - ١٥ ملليبار فمعنى ذلك أن فارق ضغط بخار الماء بين الماء والهواء يتراوح بين ٣ - ١٣ ملليبار، وعليه فإن التبخر يكون نشط في الفصل الأكثر تفاوتاً في قيمة ضغط البخار بين الهواء والسطح. إذ أنه كلما كان ضغط بخار الماء في الهواء أقل من ضغط بخار الماء فوق سطح الماء فإن التبخر يحدث، إلى أن يتساوى الضغطان مع بعضهما فعندها يتوقف التبخر حيث يصبح الهواء مشبعاً ببخار الماء. وعندما تتجمد مياه البحار والأنهار فإن التبخر سوف يتوقف تقريباً. كما أن النتح من النباتات يختلف من فصل إلى آخر، فهو يتوقف في فترة ركود النبات الشتوية، لكن كمية النتح تقترب من معدل التبخر من الماء في الصيف. ولقد عرف ثورنثويت Thornthwaite الطاقة القصوى للنتح من النباتات والتبخر من الأجسام المائية والتربة باسم طاقة التبخر/ النتح Potential Evapotranspiration وهذا اصطلاح يشير الى الكمية القصوى من الماء الممكن أن تبخر من التربة وتنتج من النبات فيما لو وجد غطاء نباتي أخضر ومورد ماء دائم يمد التربة باستمرار، وهذا المقدار الافتراضي لما يفقد من التربة والنبات هو في الواقع مقدار الماء اللازم لمنطقة ما حتى لا يكون المناخ فيها جافاً. ومن الواجب التمييز ما بين التبخر/ النتح الفعلي Actual Evapotranspiration وطاقة التبخر/ النتح، حيث أن التبخر/ النتح الفعلي قيمة حقيقية تكم في الظروف العادية لمنطقة ما ويمكن قياسها، بينما طاقة التبخر/ النتح قيمة نظرية ومثالية - فمثلاً يكون التبخر/ النتح الفعلي قليلاً جداً في منطقة صحراوية حارة، غير أن طاقة التبخر/ النتح تكون كبيرة جداً لأنها تقدر على أساس وجود فائضاً مائياً في هذه المنطقة - . ويمكن أن يتحدد الفائض المائي والعجز المائي من مقارنة كمية الأمطار الساقطة مع طاقة التبخر/ النتح والتبخر/ النتح الفعلي. فإذا كانت كمية الأمطار أكبر من طاقة التبخر/ النتح فإن هناك فائضاً مائياً وجرياناً سطحياً. بينما إذا كانت طاقة التبخر/ النتح أكبر من كمية التبخر/ النتح الفعلية فعندئذ يكون هناك عجز مائي (شكل رقم: ٣-٥).



شكل رقم (٢-٥)

الموازنة المائية في إحدى المناطق حسب علاقة ثورنتويت

(٢) الجريان السطحي والجوفي، لا تعتمد كمية المياه المتمثلة فوق سطح اليابسة بحالتها السائلة عن ٢.٥% من ماء كوكب الأرض. وهذا الماء يوجد فوق السطح بفخذاً شكل أنهار وبحيرات، أو تحت السطح مشكلاً ماء التربة والماء الجوفي. وتعاود مياه الأنهار قرابة ١.٧ × ٣١٠ كم (٠.٠٠٠١ من ماء كوكب الأرض). وتعتمد كمية المياه السطحية المتدفقة عبر المجاري المائية على كمية التساقط في قطاعات المجرى المختلفة، وعلى نفاذية التربة.

معدل الماء الجارى فوق السطح = معدل التساقط - معدل التسرب.

فإذا كان معدل التسرب ثابتاً وهو بحدود ١ سم/ساعة، ومعدل الأمطار الساقطة ٢ سم/ساعة، فإن معدل الجريان السطحي الناتج يعادل ١ سم/ساعة، مستثنى من ذلك كمية الضياع بالتبخر.

وبصورة عامة كلما ازدادت غزارة الأمطار كلما ازدادت نسبة الماء الجارى وقلت نسبة المتسرب. وتظهر أهمية المناخ فى الجريان المائى من أن التغذية المائية للأنهار تستند بشكل مباشر أو غير مباشر من التساقط، فالمخزون المائى تحت السطح يشكل

ويكون التساقط بشكل غير متساوى بين اليابسة والمحيطات. فاليابسة تتلقى سنوياً قرابة ١٠٨ ألف كم^٣، بينما تتلقى المحيطات حوالي ٤٠٩ ألف كم^٣. ويمكن ذكر أن كمية مقدارها ٤٦ ألف كم^٣ مما يتلقاه سطح اليابسة تفقد بواسطة التبخر. وهكذا يوجد فائض مائى، إما أن يجرى فوق السطح أو يتسرب عبر فراغات السطح ليشكل الماء الجوفى. وتحدد الموازنة المائية لأى منطقة بالعلاقة التالية:

$$P = E + G + R$$

حيث

P = التساقط.

E = التبخر.

G = المتسرب ضمن التربة نحو الاعماق؛

R = الجريان السطحى.

ويمكن أن يهمل العنصر G لأن كميات المياه المخزونة فى الجو أو فى اليابسة والمحيطات تبقى ثابتة نسبياً من سنة إلى أخرى.

ومن ثم فإن العلاقة تبسط الى الشكل التالى:

$$P = E + R$$

وباستعمال هذه العلاقة بالنسبة لليابسة نجد أن:

$$١٠٨٠٠٠ = ٦٢٠٠٠ + ٤٦٠٠٠$$

أما بالنسبة للمحيطات؛

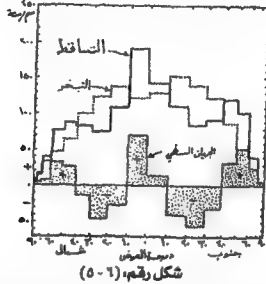
$$٤٠٩٠٠٠ = ٤٥٥٠٠٠ - ٤٦٠٠٠$$

وبالنسبة لكامل كوكب الأرض:

$$١٠٨٠٠٠ + ٤٠٩٠٠٠ = ٦٢٠٠٠ + ٤٥٥٠٠٠$$

ومن خلال حسابات مكتب الطقس فى الولايات المتحدة لفترات طويلة، وجد أن معدل كمية المطر السنوية الساقطة فوق يابس الولايات المتحدة يقارب ٦٥ سم بجانب قرابة ١٠ سم من الثلج سنوياً. ومن هذه الكمية (٧٥ سم) فإن ٥٤ سم تفقد عن طريق التبخر والنتح، بينما ٢١ سم الباقية تفقد عن طريق الجريان السطحى والتسرب. وفى أية فترة زمنية فإن الجو يكون محتوياً على قرابة ٢.٥ سم من الماء القابل للتساقط، وبهذه الصورة تتم الدورة المائية فى الولايات المتحدة. ومن حسابات

الموازنة المائية لاجزاء الأرض المختلفة يتضح أن المناطق التي فيها فائض مائي هي المحصورة بين دائرتي عرض ١٠ شمالاً وجنوباً، وخارج دائرتي عرض ٤٠ شمالاً وجنوباً تجاه القطبين، كما هو مبين في (الشكل رقم: ٥-٦).



الموازنة المائية لاجزاء كوكب الأرض المختلفة

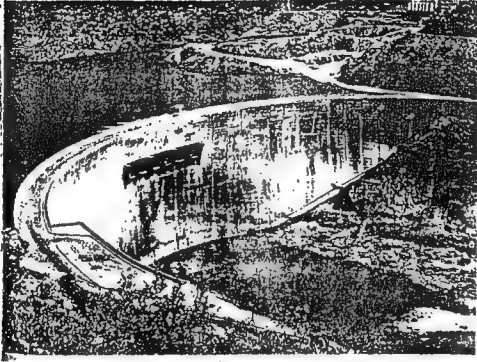
- علم المياه الهندسي (الهيدرولوجيا الهندسية)

تتمثل الجوانب التطبيقية لعلم المياه في السيطرة على المياه واستغلالها لخدمة المجتمع وتنمية البيئة وذلك انطلاقاً من الظروف المناخية السائدة. وهناك ثلاثة مجالات أساسية في ذلك وتتمثل في:

١- ضبط فيضانات الأنهار: تحدث فيضانات الأنهار عندما تتدفق نحو مجاريها كميات غزيرة من الماء الساقط عقب عاصفة مطرية شديدة، أو عقب موجة حارة تذيب كميات كبيرة من الثلوج. وينجم عن تلك الفيضانات أضرار بالغة، والجدول التالي يبين أهم الفيضانات التي حدثت ببعض الأنهار وتواريخها والاضرار التي نجمت عنها.

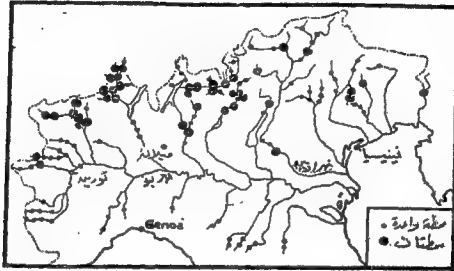
ولذا فإن الحاجة ماسة للحد من الاضرار التي تنجم عن الفيضانات، ويمكن أن يتم ذلك عن طريق انشاء خزانات مائية كبيرة على الانهار كما في خزان السد العالي (بحيرة ناصر) في مصر، وخزان سد كاريبا على نهر الزمبيزي (شكل رقم: ٥-٧) وخزان كورافيل على نهر ايووا (الولايات المتحدة)، وكما هي الحال في الخزانات المقامة على، ونهر الفولجا في روسيا. ويتطلب اقامة مثل تلك الخزانات التي تشاهد في معظم أنهار العالم دراسات مائية عدة، اذ يجب معرفة كمية الأمطار الساقطة سنوياً

وفصليتها، وكمية المتصرف منها فى أوقات الفيضانات وحمولتها من المواد المتفتنة والآثار التى تتولد عن تلك الحمولة المترسبة أمام السد.



(شكل رقم ٧-٥) خزان سد كاريبا على نهر الزمبيزي بإفريقيا

٢- تخزين المياه السطحية، لا يقتصر التخزين على مياه الأنهار الكبرى، التى تكون الغاية منها تنظيم جريان النهر للحد من مخاطر الفيضانات من جهة ومن جهة أخرى للاستفادة من الماء فى فترات الجفاف، بل يتعدى الأمر ذلك إلى إقامة العديد من الخزانات التجميعية على أودية تجمع المياه الساقطة فى فصل المطر. للاستفادة من تلك المياه المتجمعة فى مجال الزراعة وتربية الحيوان. وإقامة السدود السطحية تستدعى دراسات عدة منها: سعة حوض التصريف، وكمية المياه الساقطة فى فصل الأمطار، وطبيعة الأرض، ونسبة المياه الجارية فوق السطح.



(شكل رقم ٨-٥) محطات القوى الكهربائية - الهيدروجيلية

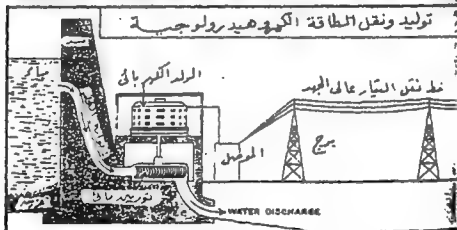
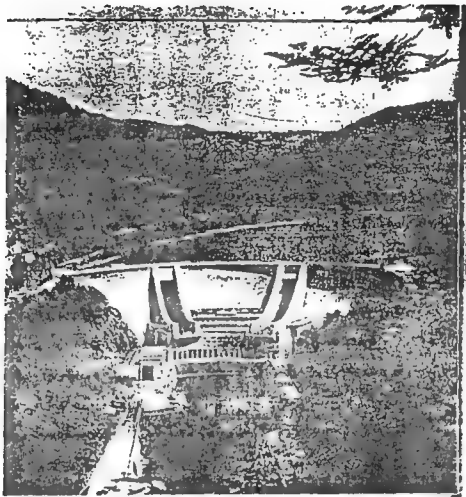
في المتابع العليا للأنهار في شمالي إيطاليا

٤- المياه وسيلة نقل، أن صلاحية المجارى المائية للملاحة تحددها الظروف المناخية من جهة والمقبات التي تعترض المجرى النهري من جهة أخرى. فحيثماكثر أماكن المساقط المائية والشلالات نقل صلاحية المجرى للملاحة، كما أن كمية المياه المنصرفة وعمق المياه له الدور الأكبر في الملاحة، بجانب كون انخفاض درجة الحرارة الى دون مستوى التجمد بحيث تتجمد مياه الأنهار والبحيرات وحتى البحار يوقف أعمال الملاحة.

ثانياً: المناخ والتربة

التربة هي ذلك الجزء من سطح الأرض المكون من خليط من مواد صخرية متفتتة ومواد عضوية تمتد فيها جذور النبات مستمدة منها ماءها وغذاءها وعلى الرغم من أن التربة تقتصر على الجزء السطحي المتفتت فقط، إلا أنها تعد أهم شئ بالنسبة للإنسان، فهي الوعاء الذي يحتوى على نباتات الأرض، تلك النباتات التي تشكل مصدر الغذاء الرئيسى للحيوان والإنسان.

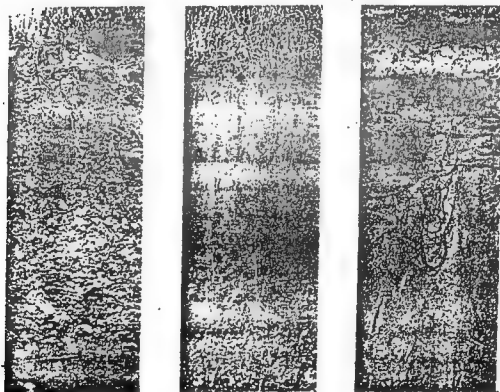
والتربة هي محصلة تفاعل مجموعة من العناصر مع بعضها، وهذه العناصر هي: المادة الأصلية أو صخر الأساس، المناخ، والتضاريس، والحياة النباتية والحيوانية، والزمن، ومن العناصر الخمسة المذكورة، فإن ثلاثة منها تكون مرتبطة بشكل أو بآخر



(شكل رقم ٩-٥) توليد الطاقة الكهربائية من الجريان المائي للأنهار

بالمناخ. فالتضاريس على الرغم من أنها تؤثر على المناخ، إلا أنها تتأثر تأثيراً كبيراً بالمناخ، بل نجد أن التربة تختلف من جزء إلى آخر من سطح الأرض المتفاوت في شكله. والحياة النباتية والحيوانية ما هي إلا إنعكاس غير مباشر للمناخ الذي يحدد نموذج النبات أو الحيوان الموجود في هذه المنطقة أو تلك. وأهمية عنصر الزمن تتضح في ازدياد عملية تفتت الصخور بازدياد تعرضها لعوامل التجوية المتمثلة في عنصرى المناخ من حرارة وأمطار.

ويفوق أثر المناخ في تكوين التربة أثر المادة الصخرية الأصلية، وهذا ما يستدل عليه من اختلاف التربة بين منطقتين ذات تركيب صخرى واحد مع اختلاف الظروف المناخية بينهما، والتشابه بين تربة منطقة مناخية واحدة رغم اختلاف التركيب الصخرى لهما أيضاً ذو دلالة على دور المناخ البارز. فكلما ازدادت درجة الحرارة وارتفعت كمية الرطوبة ازدادت تفتت التربة طبيعياً وتحللها كيميائياً، وينشط التفتت الطبيعي بازدياد الفروق الحرارية. وكلما ازدادت كمية الأمطار كلما نشطت عملية الغسل السطحي للتربة (شكل رقم ١٠ - ٥).



قطاع تربة الأقاليم الجافة قطاع تربة الأقاليم شبه الرطبة قطاع تربة الأقاليم الرطبة

شكل رقم (١٠-٥): أثر المناخ على تكوين قطاعات التربة

وتتألف التربة من آفاق مختلفة أو طبقات، وهي الآتية ابتداء من السطح :

الأفق A - السطح العلوى من التربة Topsoil، وهو الجزء العلوى المتماس مع الغلاف الجوى، ويحتوى على المواد العضوية المتحللة أو التى تكون قيد التحلل، كما وتكون نسبة الغسل والانجراف فيه على أشدها.

الأفق B - ما تحت التربة Supsoil؛ ويحدث فيها تراكم المواد العضوية والصلصال، وتكون ذات لون قاتم.

الأفق C - الصخر الأساسى المفتت بالتجوية.

الأفق D - الصخر الأصيل؛ وهو الذى تتركز فوقه الطبقات السابق ذكرها.

ويشار الى تلك الآفاق أحيانا بالطبقات. إلا أنه ليس ضرورياً أن توجد كل تلك الآفاق أو الطبقات فى أى تربة كانت. كما أن تحديد تلك الآفاق فى بعض التربة لا يخلو من بعض الصعاب.

وتجدر الإشارة هنا إلى بعض المصطلحات المستخدمة فى دراسة التربة؛ فالصلصال Clay يتكون من جزيئات قطرها أقل من ٠,٠٠٥ مم، والسلت Silt أو الغرين هو ما كانت أقطار جزيئاته بين ٠,٠٠٥ - ٠,٠٥ مم، ويصل قطر جزيئات الرمل والحصى إلى ٢ مم. وباستخدام تلك المتغيرات الثلاث يمكن اشتقاق الكثير من نسيج أو قوام التربة Soil texture المتنوعة، فاللوم (الغرين) يتكون من ٥٠% رمل و ٥٠% صللصال.

• ويمثل الدبال (Humus) المادة العضوية المتحللة فى التربة والتى تصفى عليها مزيجاً من الخصوبة، وتقوم هذه المادة البنية الغروية بالمساعدة فى تشكيل المحاليل التى تمكن النبات من الاستفادة من مواد محددة منها. وترتبط عمليتى الغسل (نقل المركبات المعدنية أو العضوية بالاذابة) والانجراف (نقل المواد الغروية الصلبة الصغيرة) ارتباطاً وثيقاً بالمناخ، خاصة عنصر الأمطار، حيث تحدد كمية الأمطار الساقطة وشدها نسبة المواد المضروبة والمنجرفة.

وإذا كان للمناخ تأثير على خصائص التربة، فإن دوره أساسياً يكون فى تكوينها ومعدل تكوينها. ويعكس المثال التالى أهمية المناخ؛ فإذا ما ازدادت رطوبة التربة حتى أصبحت ممتلئة بالماء، فإن الهواء ضمن فراغات التربة يقل كثيراً، ويصاحب ذلك تناقص فى عدد البكتريا، ويقل تحلل بقايا النباتات بحيث تصبح التربة ذات حامضية بسيطة. وتقاس قلوية أو حامضية التربة بقيمة pH (قياس كمية تركز الهيدروجين فى التربة)، فالترية المحايدة هى ما كانت ق.م. pH فيها ٧,٠، أما التربة الحامضية فتتراوح فيها قيمة pH بين ٤,٥ - ٦,٩، وتكون التربة قلوية إذا كانت قيمة pH أكبر

من ٧. وتعد التربة التي تكون قيمة pH فيها بين ٦,٥ - ٦,٥ أفضل أنواع التربة لنمو المحاصيل، وهذا يعنى أن التربة حامضية. وإذا كانت الحموضة تخفض من عمل البكتريا الهام، فإن القلوية تعيق النباتات من استعمال العناصر النادرة المحدودة في التربة.

ويلعب انخفاض درجة الحرارة دون مستوى التجمد دوراً هاماً في تحديد بنية التربة في مناطق معينة، فإذا ما كانت التربة تتغذى باستمرار من خزان الماء الأرضي. وإذا ما خضعت هذه التربة إلى درجات حرارة دون مستوى التجمد فإن طبقات الجليد ستتمو باستمرار وسيرتفع (يتقرب) عقدنذ سطح الأرض. وهذا الرفع الصقيعي Heave كما يعرف، يجب أن يؤخذ في الحسبان. حيث تصل عملية الرفع أحياناً إلى ١٥ سم أو أكثر. وما أن ترتفع درجة الحرارة ويذوب الجليد حتى تأخذ المنطقة التي كانت خاضعة لانخفاض درجة الحرارة أو التجمد بالتحول إلى منطقة مستنقعية. وفي بعض المناطق التي تخضع لدورة تجمد وذوبان تستغرق ٢٤ ساعة كما هي الحال في الجبال المدارية فوق مستوى ٤٠٠٠ م عن سطح البحر، فإن مدار العملية ستعود إلى جنس جزئيات التربة تتخذ أشكالاً متشابهة ذات أحجام منتظمة نسبياً (على موسى، ١٩٨٢).

- تصنيف التربة حسب درجة تأثرها بالمناخ

لقد وضع العديد من التصنيفات للتربة في العالم اعتماداً على درجة فاعلية كل عنصر من العناصر المكونة للتربة ومدى أهميته، وكان للمناخ أساس في ذلك نتيجة لما يلاحظ من علاقة ارتباطية بين التربة والمناخ ولما يمارسه المناخ من تأثير مباشر وغير مباشر على التربة. وبناء على هذا قسمت التربة إلى ثلاثة أقسام رئيسية هي:

١- التربة النطاقية Zonal Soils

تميز التربة النطاقية بأن تأثير صخر الأساس فيها يكون محدوداً جداً، ذلك أن عمليات مثل الغسل والانجراف هي المحدد الرئيسي لخصائص تلك التربة، هذه العمليات مرتبطة ارتباطاً مباشراً بالمناخ (شكل رقم: ١١ - ٥). فالصخر الأساسي الغريني في المنطقة المدارية يعطى تربة مغايرة للتربة التي يعطيها الجرانيت في المناخ البارد. فهذه التربة تحدد بفعل التأثيرات المناخية والحيوية، وتتوافق توزيعها مع الأقاليم المناخية الكبرى. ومما يميز هذه التربة أن تحديد أفاقها يمكن أن يتم بسهولة، حيث أنها قطعت شوطاً كبيراً في مرحلة التطور.

وقبل الإشارة إلى أنواع التربة النطاقية - المتوافقة مع الأقاليم المناخية - لابد من تحديد بعض المصطلحات المستخدمة في هذه الدراسة، ومنها:

- الترتبة Laterization؛ حيث الغسل السريع للسيليكا بفعل التساقط الغزير والحرارة المرتفعة.

- البذرلة Podzolization؛ وتتم هذه العملية في حال غسل الحديد والسيليكا من الأفق العلوي (A).

- البذرول Podzol؛ تربة ذات حامضية مرتفعة مع طبقة سطحية غنية بالمواد اللبائية.

- التربة البذرولية؛ تربة حامضية، إلا أن حامضيتها ليست مرتفعة جداً، وتتمسك بأن المادة العضوية بها قليلة نسبياً عند السطح.

- التشرونوم؛ تربة تتميز بأن الأفق A فيها غنياً بالمادة العضوية، غير أن نسبة الجير فيها منخفضة. وهي تربة خصبة جداً.

- تربة البراري؛ تتميز بوفرة المواد العضوية المحللة في الأفق A، وعمليات الغسل والانجراف فيها محدودة جداً بسبب قلة الأمطار، وهي تربة خصبة.

- التربة الكستنائية والبنية؛ وتتميز بكون المادة العضوية فيها أقل من تربة البراري كما أن تجمع الجير يكون أقرب إلى السطح، وهي تربة قلوية نوعاً ما.

- السيروزيم Sterozems؛ تربة آفاقها غير محددة، الدوبال فيها قليل، والجير قريب إلى السطح.

وبالانطلاق من تلك المصطلحات التي تساعد على تفسير نماذج التربة المتباينة مع تباين الظروف المناخية، يمكن تمييز أنواع التربة النطاقية التالية المتوافقة مع الأقاليم المناخية الكبرى:

الأقاليم الحارة؛ وتتميز فيها التريبات التالية:

(أ) تربة الغابة المطيرة والسافانا الرطبة، وتتميز بأن درجة اللترنة فيها عالية، كما أن انجراف المواد القلوية يجعل التربة هناك حامضية، وكمية الدوبال أيضاً منخفضة. وهي تربة غير خصبة، ولونها يميل للأحمرار.

(ب) تربة الحشائش المدارية؛ وهي غنية بالدوبال أكثر من التربة السابقة، وأكثر خصوبة، إلا أن خصوبتها تستنفذ بسرعة، ولونها قاتم.

(ج) تربة الصحارى، وتتميز بأن المادة العضوية فيها قليلة، والجير يكون متجمعا قرب السطح.

الأقاليم الدافئة؛ ويميز فيها الأنواع الآتية من التربة:

(أ) تربة اقليم البحر المتوسط؛ الغسل فيها محدود، غنية بالجير الذى يوجد حتى عمق كبير.

(ب) تربة اقليم شرق القارات؛ وتكون تلك التربة ملترنة، وفقيرة بالمواد العضوية.

(ج) تربة الصحارى؛ مثلها فى ذلك مثل صحارى الأقاليم الحارة.

الأقاليم المعتدلة البرودة والباردة، ويميز فيها:

(أ) تربة المناطق الرطبة؛ وهى تربة بودزولية، تحتوى على طبقة رفيقة من الدوبال.

(ب) تربة مناطق الأمطار المتوسطة (المروج)؛ كمية الدوبال فيها مرتفعة، والغسل محدود، وهى تربة خصبة.

(ج) تربة مناطق الأمطار القليلة (السهب)؛ طبقة الدوبال بها عميقة، والجير متجمع فيها بعمق للأسفل، وهى حافظة للماء، وخصبة جداً.

(د) تربة مناطق الصيف القصير (التندرا)؛ وهى تربة لاهوائية، كمية الدوبال فيها قليلة، وهى حامضية جداً.

وينصح من الشرح المختصر السابق لأنواع التربة الرئيسية أهمية المناخ فى بناء التربة وتطورها.

٢- التربة بين المناطقية Intra Zonal Soils، ٢- والتربة الانطاقية Azonal Soils،

على الرغم من أن اعتماد التربة بين المناطقية على المناخ يكون محدوداً جداً، إلا أن العلاقة بين تلك التربة والمناخ تبدو واضحة فى كثير من الأحيان. فالتربة الملحية والقلوية (Halomorphic Soils) غالباً ما تتشكل فى المناطق الجافة حيث يؤدى التبخر الشديد إلى تبخير الماء السطحي وبقاء الأملاح التى تتزايد مع الزمن، والذاتجة إما عن تحلل الصخور الرسوبية الحاوية على الأملاح، أو من تساعد الأملاح مع الماء بالخاصية الشعرية من تحت السطح، أو من رى التربة بماء يحتوى على الأملاح. وتنصف التربة الملحية والقلوية بعدم صلاحيتها للزراعة ما لم يتم غسل أملاحها. ومن التربة بين المناطقية التى يظهر بين تشكيلها والمناخ علاقة واضحة هى التربة المائية التى هى خصيصة مميزة لمناطق التصريف الفقيرة كالمستنقعات التى توجد حينما يتجمع ماء المطر المنساب فوق المرتفعات تجاه المنخفضات والماء المترشح من الأراضي المجاورة ليشكل فى تلك المناطق المائية تربة غدقة. وفى هذه التربة نجد أن التضاريس تلعب دوراً بارزاً.

أما التربة اللانطاقية، فهي تلك التربة التي لم يتوفر لها الزمن الكافي لتطور آفاقها، وبالتالي لا يمكن تحديد تلك الآفاق. لذا فمن النادر أن يلاحظ وجود علاقة بين تلك التربة وبين الأحوال المناخية، على الرغم من أن تربة كالريجو سول، وأيضاً تربة اللوس توجد في مناطق معينة دون سواها. فترية اللوس تتشكل بفعل انتقال جزئيات التربة من منطقة إلى أخرى بواسطة الرياح حيث يتم ترسيب تلك الجزئيات المنقولة حالما يسقط المطر، وبالتالي تكون منطقة الترسيب بعيدة عن المصدر المنقول منه. أيضاً فإن التربة الطمية التي تتشكل على طول السهول الفيضية للأندلس هي من التربة اللانطاقية، ويحدد امتداد هذه التربة وعمقها كمية الماء الجارى، وسرعة تدفقه، وتبدل أحواله بين التحاريق والفيضان، والتي ترتبط نفسها بالدورة المائية.

ثالثاً: المناخ والنبات

ليس الغرض من هذا الجزء مناقشة نشأة النبات، وإنما الغرض هو البحث عن العوامل المختلفة التي أدت إلى تطور المجتمع النباتي، وتباين التجمعات النباتية بين منطقة وأخرى ولا بد هنا من بيان الدور الذي يلعبه المناخ في تحديد نوع النبات الذي ينمو في منطقة معينة دون سواها. وفي الجزء السابق أوضحنا كيف أن نوع التربة كان إلى درجة كبيرة من فعل المناخ والنبات، وفي هذا الجزء سنحاول توضيح العلاقة القائمة بين النبات والمناخ والتربة. ذلك أنه إذا كانت للتربة تعدد النبات بالمواد المغذية، فإن المناخ يحدد شكل النبات السائد ونوعه، وعندئذٍ المناخ الرئيسيين الحرارة والمطر هما الأكثر أهمية في تأثيرهما على النباتات الطبيعية.

ومن الممكن تقسيم النباتات إلى خمسة أنواع حسب درجة احتياجها للماء:

- ١- النباتات الجافة Xerophytes ؛ هي تلك النباتات المتكيفة مع ظروف الجفاف.
- ٢- النباتات المعتدلة Mesophytes ؛ وهي نباتات تحتاج إلى كمية معتدلة من الماء.
- ٣- النباتات المائية Hygrophytes ؛ هي تلك النباتات التي تعيش إما في الماء أو في المناخات الرطبة جداً.
- ٤- النباتات الهوائية Epiphytes ؛ وهي نباتات تعتمد حاجتها من الماء من رطوبة الهواء. ولذا فإنه من الضروري أن تكون الرطوبة النسبية مرتفعة حتى تتمكن هذه النباتات من البقاء.
- ٥- النباتات المتقلية Tropophytes ؛ وهي نباتات يمكنها أن تتكيف مع أى ظروف، تتحمل الجفاف، كما أنها تتحمل وفرة الماء.

ولكى تتغلب النباتات الجافة وتلبى احتياجاتها من الماء فأنها تستخدم إحدى الطرق الثلاثة التالية؛

أ - وجود لحاء شمعي سميك وأوراق صلبة، بحيث تقل نسبة الفاقد من الماء بالنتج.

ب- تخزين الماء ضمن أنسجة النبات، كما فى نبات الصبار.

ج- تغلغل الجذور باتجاه الأعماق نحو مواقع الرطوبة تحت السطحية.

ويبدو أن معظم النباتات يتوقف نموها عدد انخفاض درجة حرارة التربة الى ما دون ٦م. إذ أن درجات الحرارة المنخفضة جدا تجعل قدرة النبات على امتصاص الماء قليلة، وبالتالي فإن النبات يعمز عن تعريض الكمية المفقودة منه بالنتج. كما أن درجات الحرارة المؤدية للتجمد يمكنها أن تؤذى خلايا النبات مسببة جفافه وحدوث تغيرات كيميائية فيه. أما درجات الحرارة المرتفعة فتؤدى إلى تزايد كمية المياه المنتجة وفي حال عدم وجود مصدر دائم للماء يوفر للنبات احتياجاته، فإن النبات سوف ينزل، ومن ثم قد يتعرض للموت.

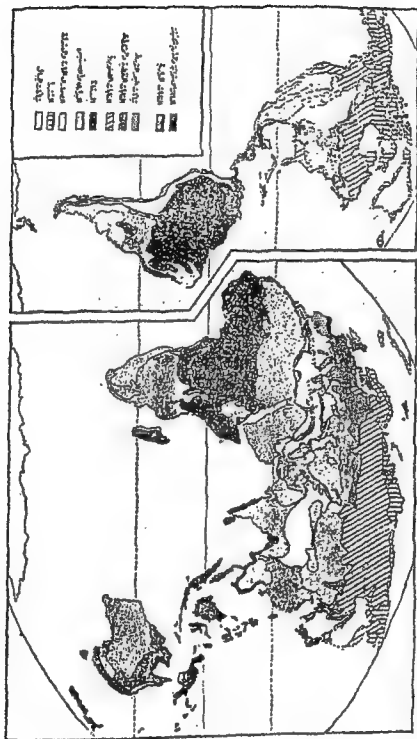
المجموعات النباتية الكبرى وتوافقها مع المناخ؛

ترتبط كثافة الغطاء النباتي ونوعيته ارتباطاً شديداً بالظروف المناخية، حتى أن البعض يعد النبات بمثابة المرآة التى تنعكس من خلالها الاختلافات المناخية. فكل نوع نباتي يسود فى منطقة مناخية معينة، فالاشجار صفة للمناخ الرطب. بينما تقل الاشجار ويزداد نمو العشاب كلما أنتقل للمناخ إلى الجفاف، وفي المناخات الجافة تقل للنباتات كثيراً لأن لم تكدم.

وتمثل المجموعات النباتية الكبير والتي توافق مع ظروف مناخية معينة، فيما يلى (شكل رقم: ١٢-٥)

أولاً: الغابات؛

رغم كثرة التعريفات للغابة والأراضي الشجرية، إلا أن التداخلات الكثيرة فى تلك التعريفات والتي زادت من حداثتها أنها باتت ضمن لغة الحديث اليومي العادى ولذا فإن الأمر يتطلب تحديد ذلك بدقة، فالغابة؛ هى مساحة من الأرض غير المزروعة والمغطاة بالاشجار بشكل كامل تقريباً، وغالباً ما تحتوى الغابة على أكثر من طبقة تاجية (مظلة). وإذا قلت كثافة الاشجار فإن الغابة تعرف بالأرض الشجرية، فهى أرض غطاؤها الرئيسي الاشجار. إلا أن تيجان الأشجار أقل تلامساً مما هى الحال فى الغابة. وغالباً ما يستعمل اصطلاح الجونجيل *Jungle*؛ لوصف كتلة كثيفة من النبات (غابة مدارية موسمية مع وفرة فى النباتات التى تنمو فى أرضيتها)، وهى أرض غير مزروعة.



(شكل رقم ١٢، ٥-١٢) توزيع الأقاليم النباتية في العالم

وعلى الرغم من أن مناطق الغابات والأراضي الشجرية تدل على وجود مناخ رطب، إلا أن فصلية المطر واختلاف درجة الحرارة يجعل هناك اختلافات ما بين تلك المناطق، بحيث يمكن تمييز تسعة أنواع مختلفة من الغابات والأراضي الشجرية.

١- الغابة الاستوائية الدائمة الخضرة Silva (الغابة المطيرة Rain Forest)،

على الرغم من وصف الغابة الاستوائية بأنها دائمة الخضرة فهذا لا يعنى أن أوراقها دائمة لا تتساقط أبداً، فأوراقها تتبدل، ولكنها تتجدد فور سقوطها ولا تتساقط الأوراق دفعة واحدة لأن تساقطها ليس عائداً لأسباب مناخية، وهذا ما يجعلها أنواعها متباعدة عن بعضها، الأخضر باستمرار، ولا ريب أن كثافة اشجار الغابة تجعل أنواعها متباعدة عن بعضها، حيث يندر أن تتجمع الأشجار مع بعضها البعض. ومن أهم أشجار تلك الغابة؛ الأيلوس، والماهوجنى، والمطاط، والليانا (المسلكات الخشبية) بجانب وفرة من النباتات الهوائية (الهوائيات). ولقد أثر الإنسان على التوازن البيئي الطبيعي للغابة، حيث قام بإزالة من بقاع متعددة ليزرع بدلا منها زراعات معيشية، كما استثمر جزءا من اشجارها، وهذا مما يؤدي إلى نفاذ ضوء الشمس إلى داخل الغابة ناجما عن ذلك وفرة في النباتات التحتية. محولا الغابة الأصلية في بعض الأماكن الى ما يعرف بالجونجيل. وفي الأماكن التي أزيلت أشجارها نمت أشجار ضخمة كالموز، والموز الأفريقي، والزنجيليل. ومع تزايد الارتفاع عن سطح البحر تأخذ الاشجار الصنوبرية بالظهور، كما في أشجار الأرز والعرعر.

٢- غابة شبه النفضية المدارية (الغابة الموسمية)

في مناطق التمايز المناخى الفصلى، حيث تسقط الأمطار في نصف السنة الصيفى، ولكن مع وفرة في كميتها، تسود غابة تعرف بالغابة الموسمية التي تسود فيها بعض الاشجار الدائمة الخضرة، إلا أن الغالب عليها هي الأشجار النفضية، ومن الأشجار النفضية السائدة أشجار الساج (التيك).

٣- الغابة الشوكية المدارية

وتوجد عادة في المناطق التي تطول فيها فترة الجفاف، ومن أشجارها الأكاسيا (العائلة السطبية) بأنواعها المتعددة.

٤- الغابة الصلبة الأوراق Sclerophyllous Woodland،

وأشجارها من النوع الصلب، وأوراقها يقاوم الجفاف عن طريق التقليل من كمية نتح الماء منها. وتسود تلك الأشجار في مناطق مناخ البحر المتوسط حيث فصل الصيف الجاف الطويل. وتتضمن أراضي الاشجار هذه على العديد من الصنوبريات،

وبعض النباتات الدائمة الخضرة - كالبلوط -، والنخيل، والعديد من الشجيرات - كالفار، والاوركانيتوس (الكافور) .

٥- الغابة المعتدلة Mesophytic Woodland:

وتتمثل في المناطق شبه المدارية التي تسقط فيها كميات معتدلة من الامطار على مدار السنة. ومن أشجار هذه الغابة: النخيل، وأشجار متساقطة الأوراق. وبعض الصنوبريات، والآكاسيا، أشجار السرخس.

٦- الغابة المعتدلة الباردة (الأشجار المتقلية) Tropicophytic Woodland:

وتسود هنا الاشجار التي تسقط أوراقها بسبب الانخفاض الحرارى في فصل الشتاء، وما أن يأتي الصيف حتى تظهر الأوراق يانعة خضراء. وهذا ما يشاهد في الأجزاء الغربية من القارات بالدرجة الأولى فيما بين دائرتي عرض ٤٠ - ٦٠ تقريباً، حيث يكون التساقط تقريباً بشكل دائم والحرارة معتدلة صيفاً ومنخفضة شتاءً. ومن أهم أشجار هذه الأراضي؛ الدردار، والزان، والبلوط، وفي بعض الأحيان تتداخل الاشجار الصنوبرية مع الأشجار المتساقطة الأوراق.

٧- الغابات الصنوبرية:

وتعرف بالغابات المخروطية الدائمة الخضرة بالدرجة الأولى (صنوبر، شربين، تنوب قصي، أرز) مع نسبة قليلة من الاشجار النفضية (زان، حور، صفصاف). وتتوافق تلك الأراضي الغابية مع المناخ الذي يتصف بالشتاء البارد الطويل. والصيف القصير الذي لا يقل متوسط حرارة الشهر الحار فيه عن ١٠م، وذلك فيما بين دائرتي عرض ٥٠ - ٧٠ تقريباً، وعند الهوامش الشمالية المجاورة لأراضي التندرا.

٨- الغابة الجبلية

وتوجد بصورة رئيسية في المرتفعات المدارية وشبه المدارية. حيث تسقط الأمطار طوال السنة. وتدعى هذه الغابة أحياناً باسم غابة السحب Cloud forest وتتضمن عدداً كبيراً من الهوائيات، والمتسلقات، والأشجار السرخسية، كما نجد من ضمنها غابات الخيزران.

٩- غابات الماء (المانجروف)

وتظهر في المناطق المستنقعية، كما في مستنقعات المانجروف في المناطق المدارية. ومستنقعات السرو Bald Cypress في المناطق شبه المدارية.

ثانياً: النباتات الشجيرية Shurbland. والحشائش Grassland

الشجيرات أو الادغال هي نباتات خشبية منخفضة قليلاً، لها جذع صغير وقد تكون دون جذع. أما الحشائش فهي أية نباتات تنتمي إلى العائلة الدجيلية، ولذلك نجدها تتضمن القمح والحبوب الأخرى، والخيزران، وقصب السكر، وأنواع أخرى.

ويستخدم اصطلاح أراضي حشائشية للدلالة على منطقة تسود فيها حشائش عشبية خلال فترة من السنة لا تقل عن بضعة أشهر.

ومن الممكن تمييز سبعة أنواع من النباتات الشجيرية والحشائشية؛

١- الحشائش المدارية

وتتمثل في السافانا الأفريقية، وأراضي اللانوس والكامبوس في أمريكا الجنوبية، حيث الشتاء الجاف، والصيف الممطر الذي تنمو فيه الحشائش الطويلة جداً (حشيشة الغيل) وبعض الأشجار؛ كالأكاسيا (السنط) . والباوباب.

٢- الحشائش المعتدلة

وتعرف بالبراري، ويكون الغطاء الحشائشي فيها متوسط الطول، وتسود في مناطق المناخ المعتدل.

٣- حشائش المراعي المعتدلة

وتختلف هذه الحشائش عن البراري، في أنها تنمو في المناطق التي تسقط فيها أمطار منتظمة إلى حد ما وبشكل ملائم، وهذه الحشائش تتراوح بين كونها قصيرة إلى متوسطة الطول. وحينما تنمو تلك الحشائش في المناطق التي تتراوح أمطارها السنوية بين ٥٠٠ - ٧٥٠ مم توجد أفضل أراضي الرعي في العالم.

٤- الحشائش المعتدلة الباردة

حيث تكون كمية الأمطار أقل من النوع السابق، تنمو حشائش قصيرة في مناطق السهوب، حتى لجد أن اصطلاح «سهب» يشير إلى تلك الحشائش. والأمطار تسقط في فصل الصيف، وبكميات تقل عن ٥٠٠ مم سنوياً.

٥- المروج والحشائش المعتدلة المائلة للبرودة

وهي أراضي فقيرة بالنباتات، حيث تكون الأرض مكشوفة، كما أن التربة في هذه الأراضي فقيرة. ويمكن أن يوجد فيها بعض الشجيرات من العائلة الخلجية كالسرخسيات. وفي الأماكن التي يكون فيها التصريف رديفاً تتشكل ظروف مستنقعية، أما في حالة التصريف الجيد، والرطوبة متوفرة، والتربة دايفة وخصبة فإن الأرض عندها تغطي بمروج ألبية أو جبالية غزيرة وخصبة.

٦- الشجيرات الجبلية

وتمثل في حزام من الخلنجيات، وتكثر نباتات اللوبيليا، والبابونج في المرتفعات المدارية.

٧- أراضي الادغال

وتعرف أيضا باسم الاحراج. وهى عبارة عن أراض مغطاة بغطاء نباتى كثيف من الشجيرات الدائمة الخضرة المحدودة الارتفاع والمختلطة أحيانا مع الأشجار. وفي مناطق هذه النباتات أما أن تكون الامطار قليلة إلى حد ما أو أن تكون التربة فقيرة، والمنطقة النموذجية لسيادة تلك النباتات تتمثل في الأجزاء شبه الجافة ج من العالم على حافة الصحارى الحارة، والأمثلة عنها؛ الشابرال، والماكى، وتشبه تلك الأراضي الاحراج والابكات في المناطق المدارية، والتي تكون أحيانا كثيفة بحيث يصعب على الإنسان اختراقها.

ثالثا، الصحارى

على الرغم، من أن الصحارى تحتل مساحة تقدر بحوالى ٣٠ ٪ من مساحة اليابس الأرض، إلا أن نسبة بسيطة منها تكون عارية جرداء تماما. وإذا كانت النباتات قليلة جداً في مناطق الصحارى، إلا أن هذا يتوافق مع حالة الجفاف التى تسيطر فى تلك المناطق. وإذا كان البعض يحدد المناخ الصحراوى بخط المطر السنوى ٢٥٠ مم، إلا أن درجة الحرارة قد تغير من فاعلية هذه القيمة من الأمطار، ذلك أن الجفاف لا يرتبط فقط بالأمطار، بل تلعب درجة الحرارة دوراً فى تحديد فاعلية الامطار المساقطة. ومهما يكن الأمر فإن الأراضي الصحراوية تتميز بجديها وعدم ملائمة الظروف المناخية لقيام حياة نباتية طبيعية.

ويمكن تقسيم الأراضي الصحراوية الى أربعة أقسام حسب النباتات المتمثلة فيها:

- ١- شجيرات وحشائش الصحارى، أراضي تسود فيها شجيرات جافة مع بعض الحشائش، وتوجد فيها مساحات كبيرة عارية من أى نبات.
- ٢- شجيرات صحراوية، أراضي شجيرية نموها محدود جداً وجافة. والشجيرات خشبية. ذات أوراق عريضة متساقطة، وتكثر فيها المساحات العارية أكثر من النوع الأول.
- ٣- صحراء، أرض جرداء تماماً من أى نبات.

٤- التندرا، تتمثل فى مناطق الصيف القصير التى لا ترتفع فيها درجة حرارة أكثر الشهور حرارة فى السنة عن ١٠م، وحيث تخلو الأرض من الثلج لفترة صيفية تكفى للنمو نباتات التندرا، نجد الغطاء النباتى متمثلاً فى نباتات قليلة الارتفاع،

كالطحالب والاشليات مع بعض النباتات المزهرة. وتأخذ الأرض في الصيف
صفة مستنقعية. ومثل أراضي التندرا يشاهد في أراضي المرتفعات المدارية فوق
خط الشجر وتحت خط الثلج الدائم.

الفصل السادس

المناخ وحياة الإنسان

(مع التطبيق على بيئة دلتا النيل)

المناخ و حياة الإنسان (مع التطبيق على دلتا النيل)

مقدمة

يعتقد البعض أن تطور الأمم وتقدمها في المسار الحضارى يرتبط بالمناخ بينما يرى البعض الآخر أن الأمم يمكنها التغلب على الصعوبات التي تواجهها الظروف المناخية في مواجهة التقدم. ففي الأزمنة الأولى من تاريخ البشرية تطورت الحضارات الأولى في مناطق لم يكن للإنسان حاجة للصراع في بيلته ضد عوامل الطبيعة، كما أن المجتمعات الصغيرة، كالمجتمعات القبلية على سبيل المثال، حيث لم يكن الإنسان فيها يشغل نفسه بأمور الملابس والتدفئة بل كان يشغل نفسه بكيفية التغلب على الصعوبات التي قد يكون للمناخ دوراً في وجودها. إلا أنه يتقدم وتعدد نماذج الملابس ووسائل التدفئة تمكن الإنسان من حماية نفسه من التطرفات الحرارية الشديدة حينما وجد، من خلال تحسين نوعية الملابس، ووسائل التدفئة، وتشديد المساكن الملائمة مع الظروف المناخية. وقد استطاع الإنسان أن ينقل الحضارة إلى مناطق كانت في بداية تاريخ الإنسان غير مأهولة بالسكان.

ولقد أثبت علم وظائف أعضاء الإنسان أن الإنسان يستطيع القيام بأعمال جسمية مضنية عند درجة حرارة فوق المثلى للعمل العقلى. ومع أن المناخ البارد من حرارة جسم الإنسان يقوم بدور تحذير، إلا أن الإنسان استطاع التكيف مع هذا المناخ بسهولة، وأن يتطور عقلياً بسرعة أكبر في المناطق ذات المناخ البحري أو شبه البحري المائل للبرودة، وأن قسوة المناخ القارى كان من الصعب على الإنسان التغلب عليها. ولهذا فإن الفروق الحضارية بين منطقة وأخرى أرجعها البعض إلى التباينات المناخية وما ينجم عن ذلك ن آفات وأمراض.

ومما لا ريب فيه أن الإنسان في الوقت الحالى لم يعد أسير ظروف مناخية معينة تفرض عليه نشاطاً محدداً أو نمطاً معيئاً معيناً، بل أن الإنسان بقدراته العقلية المتنامية أصبح متمكناً أكثر من أى وقت مضى من تغيير حالة الجو في أماكن محدودة على مستوى المسكن أو المصنع أو مكان العمل.

أولاً، المناخ وراحة الإنسان

ترتبط طاقة الإنسان وصحته ارتباطاً قوياً بعناصر المناخ أكثر من أى عنصر آخر من عناصر البيئة الطبيعية. فلقد ثبت أن الوظائف الفسيولوجية للجسم البشرى تستجيب للتغيرات الجوية، كما أن اختيار كمية ونوع الغذاء والملابس وظهور بعض الأمراض وانتشارها يعكس أيضاً أثر الظروف المناخية عليها. وتحاول الدراسة فى هذا الفصل أن توضح تلك العلاقات القائمة بين المناخ بعناصره المختلفة، كمعصر من عناصر البيئة الطبيعية، وبين راحة الإنسان.

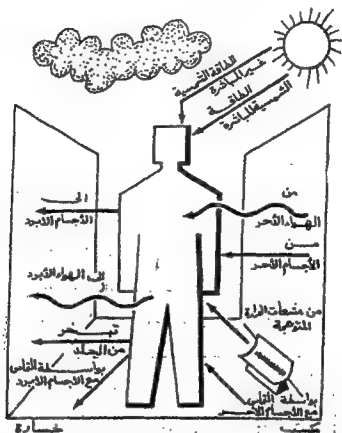
درجة الحرارة وجسم الإنسان

يمكن النظر إلى جسم الإنسان على أنه شبيه بالآلة، وحيث أن الآلة لا تتحرك دون طاقة فإن الإنسان أيضاً يتطلب طاقة للبقاء على قيد الحياة. ومن هذا المنطلق يمكن القول ان الإنسان العادى المتوسط الوزن يبذل طاقة تقدر بحوالى ٨٠ كيلو وحدة حرارية فى الساعة عندما يكون فى حالة ركود (نائم)، وهذه الكمية اذا لم تبدد فإنها يمكن أن ترفع حرارة الجسم قرابة درجة مئوية واحدة فى الساعة. وعندما يمشى الإنسان بمعدل سرعة ٥ كيلومتر/ساعة فإن كمية الطاقة التى ييذلها تصل إلى أكثر من ٢٠٠ كيلو وحدة حرارية/ساعة، وفى حال بذل جهد أكبر أثناء القيام بعمل جسمانى فإن هذه الكمية يمكن أن تزيد عن ٦٠٠ كيلو وحدة حرارية فى الساعة الواحدة. وإذا كان وزن الإنسان أكثر من ٧٠ كيلوجراماً فإن الأرقام السابقة تتغير، ذلك أن الحرارة التى يصرفها الجسم تكون متناسبة مع وزنه (و ٠.٧٦) حيث (و) هى وزن جسم الإنسان.

وتزيد الحرارة التى يولدها الجسم فيما إذا كان الإنسان يحمل حملاً بالإضافة إلى وزنه. وهذه الزيادة تقدر بحدود ٣ كيلو وحدة حرارية/ساعة للكيلوجرام من الأحمال التى يصل وزنها حتى ٢٠ كيلو جراماً، وبعد الطعام المصدر الرئيسى لحرارة الجسم، فحوالى ٨٠٪ من الطاقة المتولدة ناتية من الجسم تستخدم فى نمو الجسم وتجديده وإنتاج الحرارة، بينما تتخذ ٢٠٪ الباقية كطاقة للأنشطة اليومية. وفى أثناء القيام بجهد عضلى فإن حوالى ٧٠٪ من الحرارة الناتجة تتبدد أو تفقد، وبالإضافة إلى هذه الحرارة المتولدة ذاتياً، فإن الإنسان يكتسب الحرارة من البيئة الطبيعية المحيطة به بواسطة الإشعاع والحمل والتوصيل - والشكل رقم (١-٦) يوضح توازن الحرارة فى إنسان ضمن بيئة طبيعية (على موسى، ١٩٨٢).

ويستطيع الإنسان أن يستمد كمية من الحرارة المشعة من البيئة فى حالة وجود سطح مشع واقع على خط مباشر مع الجزء الأكبر من جسمه، وهذا يمدد بدرجة حرارة تزيد عن ٣٣م وهذه الدرجة هى المعدل التقريبى لدرجة حرارة الجلد أو سطح الجسم. ولقد

وضع أدولف Adolph (١٩٤٧) فيما تقريبا أولية لهذا الكسب بالكيلو وحدة حرارية/هاعة.



(شكل رقم ١٠٦): توازن الحرارة في إنسان ضمن بيئة طبيعية

- (١) $200 + 25$ (ح - ٣٣) لجسم الإنسان العارى تحت الشمس مباشرة.
 (٢) $100 + 22$ (ح - ٣٣) لجسم الإنسان المغطى بملابس تحت الشمس.
 (٣) $20 + 18$ (ح - ٣٣) لجسم الإنسان المرتدى وملبسه فى الليل.
 حيث : ح هى درجة حرارة الهواء بالدرجة المئوية.

وقد استمدت هذه البيانات من تجارب أجريت في مناطق جافة (صحراء). أما في المناطق ذات الرطوبة المرتفعة فإن البيانات السابقة تتغير فتؤدي إلى وجود نقص في كمية حرارة الإشعاع. وللحصول على نظرة متكاملة لجميع السطوح التي تلعب دوراً في التوازن الإشعاعي، فإن مفهوم معدل درجة حرارة الإشعاع يكون له أهمية خاصة، وهذا المفهوم يمثل درجة الحرارة التي يبلها الجسم بشكل إشعاع كالذي يستعمله من الوسط المحيط به، وحالة التوازن تتم بتساوي المكتسب مع المفقود من الحرارة. ويمكن تقدير معدل درجة حرارة الإشعاع باستعمال ميزان حرارة كروى (كرة نحاسية محمول في وسطها جهاز قياس الحرارة. وبالتطبع فإن الإنسان يستمد حرارة اضافية عندما تكون

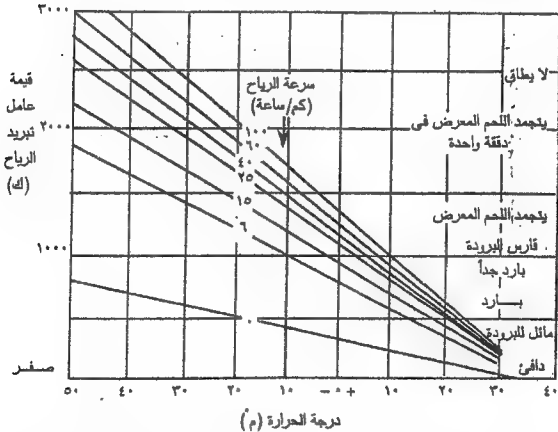
حرارة الهواء الملاصق له تزيد عن ٣٣م، وحركة الهواء المتماسة معه تقدم الى الجسم حرارة أكثر. أما في حالة إذا كانت درجة حرارة الهواء أقل من ٣٣م فأن المرء يشعر بالبرودة من تأثير برودة الهواء المتحرك حوله. ويزداد فقد الحرارة من الجسم عندما تكون درجة الحرارة منخفضة وسرعة الهواء شديدة. ولقد درست قوة تبريد الهواء المتحرك، والتي تعرف بعامل تبريد الرياح Wind - Chill factor، ويعتمد هذا العامل على المعدل الذى يبرد فيه الجسم العارى، ويتغير عامل التبريد جذريا فى حالة وجود الملابس، غير أن الشعور بالبرد عن طريق الأعضاء الخارجية من الجسم مثل، اليدين والوجه، يضبط هذا العامل بشكل مناسب الى حد كبير، وتبين العلاقة التالية كيفية حساب قيمة عامل تبريد الرياح (ك):

$$ك = (٣٣ - ح) (١٠ + \sqrt{١٠٠ + ر})$$

حيث: ح - درجة الحرارة (درجة مئوية)

ك - عامل تبريد الرياح (كيلو وحدة حرارية/م^٢).

ويوضح الشكل (رقم: ٦-٢) تغير عامل التبريد مع درجة الحرارة وسرعة الرياح.



(شكل رقم: ٦-٢)، تغير درجة تبريد الرياح مع اختلاف درجة الحرارة وسرعة الرياح

وتحدد درجة الاحساس بالبرودة من الجدول التالي،

الاحساس	قيمة عامل التبريد (كيلو وحدة حرارية/ ٢٠م)	الاحساس	قيمة عامل التبريد (كيلو وحدة حرارية/ ٢٠م)
بارد جداً	٨٠٠ - ١٠٠٠	حار	أقل ٥٠
قارس البرودة	١٠٠٠ - ١٢٠٠	دافئ	٥٠ - ١٠٠
يتجمد اللحم المعرض	١٢٠٠ - ١٤٠٠	لطيف (منش)	١٠٠ - ٢٠٠
يتجمد اللحم المعرض	١٤٠٠ - ٢٠٠٠	مائل للبرودة	٢٠٠ - ٤٠٠
في دقيقة واحدة		أميل للبرودة	٤٠٠ - ٦٠٠
لا يطلق	٢٠٠٠ - ٢٥٠٠	بارد	٦٠٠ - ٨٠٠

ويمكن أن تصل قيمة عامل التبريد (ك) الى ١٤٠٠ كيلو وحدة حرارية/م^٢ ضمن الحالات التالية:

درجة حرارة -٧° م وسرعة رياح ٧٠ كم/م ث.

درجة حرارة -١٢° م وسرعة رياح ٣٠ كم/م ث.

درجة حرارة -٢٣° م وسرعة رياح ١١ كم/م ث.

درجة حرارة -٤٠° م وسرعة رياح ١٣ كم/م ث.

وتشير البيانات السابقة إلى أهمية الدور الذي يلعبه تحريك الهواء عند درجات حرارة منخفضة، ويظهر منها أيضاً أن راحة الإنسان نقل كثيراً في المناخات البحرية في حال هبوب رياح شديدة السرعة، كما أنه يكون غير مرتاح في المناطق ذات المناخ القاري التي يخيم عليها هبوب نسبي خلال فصل الشتاء. ويكون توصيل الحرارة من الإنسان وإلى عادة قليل، وهذا يحدث عبر سنتيمتر واحد أو عدة سنتيمترات من الملابس، إلا أن النسبة ترتفع في حال استلقاء الإنسان على الأرض خاصة في الليل، بسبب أن كثيراً من الحرارة يمكن أن ينقل بالتوصيل من الجسم إلى السطح البارد المحيط به.

ويلعب الماء دوراً كبيراً في التنظيم الحراري لجسم الإنسان، فالجسم الذي يفقد الماء سيحصل على توازنه عندما تتوازن درجات الحرارة المستمدة من مصادر متنوعة مع المفقود من الجلد. إلا أنه ليس من الضروري أن يكون هذا التوازن مساوياً لمعدل درجة حرارة الاشعاع. وإذا ما أراد الإنسان أن يبقى حياً فعلياً أن يحافظ على درجة حرارة جسمه ضمن حدود معينة صغيرة.

الماء في جسم الإنسان

يتطلب تبخر جرام واحد من الماء (١ سم^٣) كمية من الحرارة تقدر بحوالي ٠.٦ كيلو

وحدة حرارية، ولذا فإن كوبا من الماء (٢٣٠ جرام) يلزمه كمية حرارة مقدارها ١٣٨ كيلو وحدة حرارية كي تبخر مياهه. وعندما ترتفع حرارة الجسم فإن مصدر تخفيفها يكون عن طريق تبخير المياه، أما بواسطة العرق أو بالتبخير المباشر للرطوبة من الرئتين والمجاري التنفسية العليا. وفي حالة إذا كانت درجة الحرارة مرتفعة (أكثر من ٣٠ م) والرطوبة النسبية عالية (أكثر من ٥٠٪) فإن فقدان الحرارة عن طريق التنفس يكون أكثر من فقدها عن طريق العرق. أما إذا كان الهواء مشبعاً ببخار الماء ودرجة الحرارة تزيد عن ٣٣ م فإن العرق يبقى الأهم في فقد الحرارة، ولكن إذا زادت درجة الحرارة عن ٣٧ م (أكثر من حرارة الجسم) فإن الإنسان يكون في حالة ضيق وإرهاق، ويكون الهواء المفقود أثناء الزفير تقترب رطوبته النسبية من ٨٠ - ٩٠ ٪، وبذا فإن الحرارة المفقودة بالتنفس لا تكون عند نهايتها القصوى. وينبغي في هذه الحالة استخدام وسائل اصطناعية لتلطيف الجو، وإلا فإنه من الممكن حدوث انهيار جسمي بسبب الحرارة وربما يعقبه الموت، حيث أن ارتفاع درجة حرارة الجسم بضع درجات يسبب تلف خلايا المخ.

ولما كان الإنسان العادي (المتوسط الوزن) يحتوى جسمه على ثلثي وزنه ماء، فإن أي نقصان أو زيادة عن هذه النسبة المرتفعة بمقدار ١ ٪ يمكن أن يسبب اضطراباً فسيولوجياً جسيماً، بينما لو نقصت النسبة بحدود ١٠ ٪ فإن الإنسان يعجز عندها عن المشي؛ في حين يتعرض للموت إذا نقصت الكمية عن ٢٠ ٪ ولم ينقذ بسرعة بامداده بالماء اللازم.

ويُذكر أوضح أدولف Adolph (١٩٤٧) أن معدل العرق (جرام/ساعة) بالنسبة للإنسان العادي في أجواء صحراوية جافة يكون على الشكل التالي (على موسى، ١٩٨٢):

$$(١) - \text{بالنسبة للإنسان يمشى في الشمس} = ٧٢٠ + ٤١ \text{ (ح - ٣٣)}.$$

$$(٢) - \text{بالنسبة لإنسان يمشى في الليل} = ٤٠٠ + ٣٩ \text{ (ح - ٣٣)}.$$

$$(٣) - \text{بالنسبة للإنسان المرتدى ملابسه وجالساً في الشمس} = ٣٠٠ + ٣٦ \text{ (ح - ٣٣)}$$

$$(٤) - \text{بالنسبة للإنسان المرتدى ملابسه وجالساً في الظل أثناء النهار} = ١٨٠ + ٢٥ \text{ (ح - ٣٣)}.$$

ويتضح من العلاقتين (٣ ، ٤) أن الملابس توفر قرابة ١٢٠ كيلو وحدة حرارية/ساعة (ح - ٣٩ م) وهي كمية تعادل قرابة ٢٠٠ جرام/ساعة من العرق، وينبغي الافتراض أنه توجد حركة هواء كافية بهدف أبعاد الهواء المشبع ببخار الماء المتماص مع سطح الجسم، ولكن إذا ما كانت سرعة الهواء أكبر من اللازم لتحقيق توازن في ماء الجسم فإن الفاقد من الماء يكون كبيراً. ولذا فإنه من الأفضل أن يتحرك المرء

حول نفسه لكي يخلق نسيماً، وهذه الحركة يمكن أن تسبب في زيادة الحرارة المتولدة ذاتياً في الجسم مما يبطل أى ميزة للهواء المتحرك. ويتبغى على الإنسان في حالة فقدته لكمية من الماء أن يأخذ غيرها من مصدر ما، ذلك أنه من الضروري أن تعرض المياه المفقودة بالعرق والتنفس. ويمثل الأعباء أو التعب الناجم عن فقد الماء خداعاً، حيث أن المرء قد ينهار من نقص الماء دون أن يدرك السبب. وهكذا فإن معرفة قيم معدل العرق ومغزاها يمكنها أن تقدم فوائد لأى شخص يجد نفسه تحت ظروف ضغط حرارى، حتى عندما يكون فى نزهة سيراً على الأقدام فى يوم من أيام الصيف الحار.

توازن جسم الإنسان

يمكن القول أن جسم الإنسان يكتسب حرارته، كما ذكرنا سلفاً، من مجموعة من المصادر هى: الأشعاع (R) من السطوح التى حرارتها تزيد عن ٣٣°م (كالشمس، والمصابيح....)؛ والحمل (C) من الهواء الحار الذى تزيد حرارته عن ٣٣°م؛ والتوصيل (P) من تماس جسم الانسان مع الأجسام المرتفعة الحرارة؛ والحرارة المتولدة ذاتياً فى الجسم - الأبيض - Metabolism (M) (*) .

ولكن الجسم يخسر حرارته بعدة طرق هى: الأشعاع (r) الى السطوح التى تقل درجة حرارتها عن ٣٣°م؛ والحمل (c) بواسطة الهواء المتحرك الذى يحمل الحرارة المنبعثة من الجسم؛ والتوصيل (p) تماس جسم الانسان مع الأجسام ذات الحرارة الأخفض من حرارته؛ وأخيراً خسارة التبخر (e) .

وفى حالة التوازن الحرارى، فإن المكسب يجب أن يكون معادلاً للخسارة، أى أن تكون:

$$R + C + P + M = r + c + p + e$$

وتكون قيم P و p صغيرتان عندما يكون الانسان غير مرتدى للملباس أى عارياً وغير مستلق فى حالة تماس مع أرض ساخنة أو أرض رطبة وباردة. أما إذا كان الإنسان مرتدياً ملابسه فإن التوصيل مع طبقة الهواء المحصورة فى طبقة ملابسه قد يكون كبيراً فى بعض الحالات.

وتجدر الإشارة هنا الى القول أنه فى درجات حرارة أقل من ١٠°م، فإن $r + c = 9e$. بينما عند درجة حرارة ٢١°م، فإن $r + c = 4e$ ، وتبدو e فى درجات الحرارة تلك على شكل خسارة غير محسوسة تنتم بصورة رئيسية عن طريق الرنين. وبالطبع فإن

(*) مجموع التغيرات الكيميائية فى الخلايا الحية التى تؤمن الطاقة الضرورية للمعليات والنشاطات الحيوية والتى بها تمثل المواد الجديدة للتعويض عن المندثر منها.

العلاقات السابقة هي علاقات تقريبية. وعند درجة حرارة 30°م فإن $(r + c)$ و (e) تتعادلان مع بعض تقريباً، (أي أن $e = (r + c)$) بينما في درجات حرارة أعلى فإن e تبدأ في السيادة حتى تصل الحرارة إلى 33°م ويكون الفاقد بالإشعاع والحمل معدوماً تقريباً.

درجة احساس جسم الانسان بالعناصر المناخية

حاول العديد من الباحثين دراسة أثر المناخ على راحة الإنسان من خلال ما يظهر على الإنسان من تغيرات نفسية وصحية في ظروف مناخية معينة، وقد تم صياغة ذلك في علاقات تجمع بين عنصرين أو أكثر من العناصر المناخية، وفيما يلي بعض من تلك العلاقات التي تحدد درجة فاعلية بعض العناصر المناخية ذات الأهمية الكبرى بالنسبة للإنسان.

أ- فاعلية درجة الحرارة

تمثل العناصر المناخية الرئيسية التي تحدد درجة راحة جسم الإنسان في: الإشعاع، درجة حرارة الهواء، الرطوبة الجوية والرياح. غير أنه للمعرفة الكاملة بالمؤثرات التي تحدد درجة الراحة، يجب الأخذ في الحسبان بالتوصيل الحراري للملابس، وضغط بخار الماء على الجلد، ومعدل الحرارة المتولدة ذاتياً والتي تسبب نشاط الجسم البشري. ولكي يحفظ الإنسان براحته يجب أولاً الحفاظ على درجة حرارة ثابتة لجسمه (37°م). إلا أن تحديد درجة الراحة بشكل مطلق يعد أمر صعباً، وذلك بسبب الاختلافات البشرية، فدرجة تفاعل الإنسان مع الطقس تختلف حسب العديد من المتغيرات منها: سلامة الجسم، العمر، النوع (ذكر، أم أنثى)، نوعية الملابس، ودرجة التأقلم.

وتعد فاعلية درجة الحرارة أحد المؤشرات المناخية المستخدمة منذ فترة طويلة للدلالة على مدى راحة الإنسان في ظروف حرارية معينة، إلا أن الارتباط وثيق بين درجة الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح، فالهواء المشبع ببخار الماء عند درجة حرارة معينة يدل على فاعلية درجة حرارة معينة، وبالتالي على درجة راحة معينة. فـرطوبة نسبية تزيد عن ٨٠٪ ودرجة حرارة أعلى من 30°م تعطى شعوراً بالإرهاق والضيق، بينما قد يتعرض الإنسان العاري لضربة شمس في حال انخفاض الرطوبة إلى أقل من ٥٠٪ مع بقاء درجة الحرارة مرتفعة (على موسي، ١٩٨٢).

ويبين الجدول التالي درجة راحة الانسان المطابقة لفاعلية درجة الحرارة، وذلك من النتائج المأخوذة من استراليا، في بيئة داخل المنزل، ولعمال يلبسون ملابس عادية في وضع الجلوس

نوع الراحة	فاعلية درجة الحرارة (م)
أقل من ١٥.٠	عدم راحة.
١٦.٩ - ١٥.٠	انتقالي بين الراحة وعدم الراحة (بارد).
٢٤.٩ - ١٧.٠	حالة راحة.
٢٦.٩ - ٢٥.٠	انتقالي بين عدم الراحة والراحة (حار).
٢٨.٠ - ٢٧.٠	عدم راحة.
أكثر من ٢٨.٠	عدم راحة شديد.

وإذا كان الإنسان يشعر بالإرهاق والاجهاد عندما ترتفع درجة الحرارة إلى ٣١ م، فإن درجة حرارة ٣٥ م تمثل الحد الأعلى الجيد للاحتمال. والشكلين (رقم: ٦-٣ ، ٦-٤) يوضحان فاعلية درجات الحرارة في فصل الشتاء (شهر يناير) وفصل الصيف (شهر يوليو).

وبما أن فاعلية الحرارة تحددتها درجة رطوبة الجو (شكل رقم: ٦-٥). ولذا فقد استخدم مؤشر الحرارة - الرطوبة النسبية ليبدل على مؤشر الراحة، أو على درجة الشعور بالراحة. ويحسب مؤشر الراحة بالنسبة لأشخاص يعملون في مكاتب - باعمال الاشعاع وحركة الهواء - من العلاقة التالية: (على موسى، ١٩٨٢):

$$\text{مؤشر الراحة (الحرارة / الرطوبة)} = ٠.٧٢ - (ح + ح ت) + ٤١$$

أو

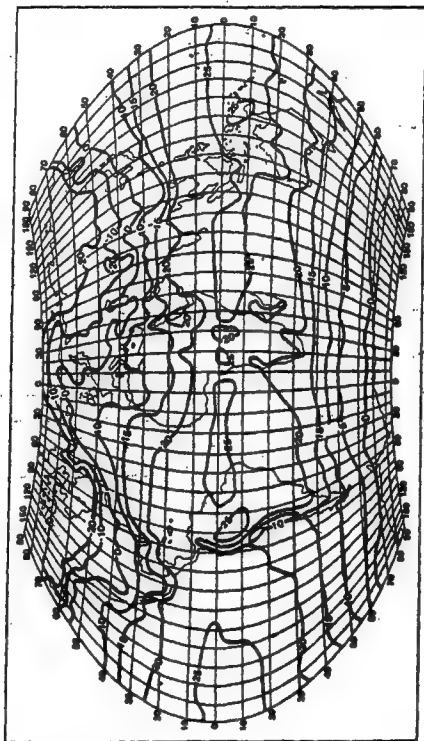
$$\text{مؤشر الراحة (الحرارة / الرطوبة)} = ح - (١ - ٠.٠١ ح) (١٤.٥ - ح)$$

حيث:

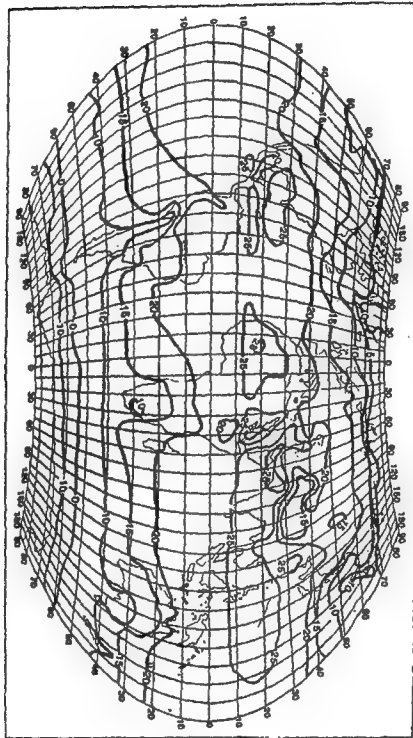
ح = درجة حرارة الهواء (درجة مئوية)

ح ت = درجة حرارة نقطة الندى

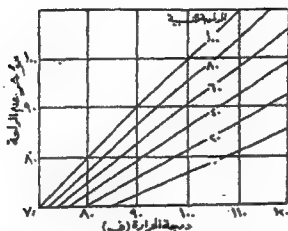
هـ = الرطوبة النسبية.



(شكل رقم ٢٠-٦)، شاعلية درجات الحرارة في فصل الشتاء (شهريناير)



(شكل رقم ٦-٤)؛ فاعلية درجات الحرارة في فصل الصيف (شهر يوليو)



(شكل رقم ٥-٦) اختلاف مؤشر الراحة مع اختلاف درجة الحرارة والرطوبة النسبية

ومن خلال ردود فعل عدد من الأشخاص لظروف جوية مختلفة الحرارة والرطوبة وجدت العلاقة بين قيم مؤشر الحرارة - الرطوبة النسبية، وراحة الإنسان، كما في الجدول التالي.

مؤشر الحرارة/ الرطوبة النسبية	درجة الراحة
أقل من ٢١	شعر عام بالراحة
٢١ - ٢٤	راحة نسبية
٢٤ - ٢٧	عدم راحة
أكثر من ٢٧	عدم راحة شديد

وإذا ارتفعت قيمة المؤشر إلى أكثر من ٢٩ فإن الاجهاد يكون واضحاً، حتى أن بعض الدوائر الحكومية في الولايات المتحدة تضطر إلى منح موظفيها عطلة في مثل تلك الأوقات. فقد وصلت قيمة مؤشر الراحة إلى ٣٣ في يوم Yuma بولاية أريزونا في شهر يوليو من عام ١٩٥٧.

وتمثل العلاقات السابقة علاقات تجريبية تقوم على احساس عدد كبير من الأشخاص المتشابهين في ثقافتهم وفي ردود فعلهم لبيئتهم، ولذا فأنها قد لا تنطبق كلياً على أشخاص آخرين، إلا أنها تشير إلى حدود نسبية لدرجة تحمل الإنسان لظروف جوية مختلفة.

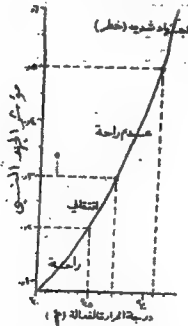
ب- مؤشر الجهد

ثمة مقياس آخر لتحديد راحة الإنسان يقوم على أساس مؤشر الجهد الحراري والذي يحدد من خلال النسبة بين كمية العرق الذي يمكن أن يتبخر من الجلد للمحافظة على راحة حرارية والكمية العظمى للتبخر التي يمكن أن تحدث تحت ظروف خاصة. ومؤشر الجهد النسبي الذي يأخذ أيضاً في الحسبان معدل الحرارة المتولدة ذاتياً، ودرجة حرارة الهواء (ح) والرطوبة الجوية (ط)، ومدة العمل، ومقاومة الهواء والملابس لجريان الحرارة نحو الخارج ولعبور بخار الماء، وحجم الهواء الممتلئ (أثناء الزفير). والعلاقة التي وضعت قامت على أساس معدل الحرارة المتولدة ذاتياً لشخص يمشى بمعدل ٣,٢ كيلومتر/ساعة، ويلبس ملابس خفيفة في حال وجود نسيم خفيف سرعته ٥,٥ م/ث، وصيغة العلاقة هي:

$$\text{مؤشر الجهد} = ١٠,٧ + ٠,٧٣ (ح - ٣٥) (٤٤ - ط) - ١$$

حيث ط قيمة للرطوبة الجوية (بالمليمتري)

وتؤخذ قيمة مؤشر الجهد النسبي ٠,٣ كقيمة حدية، فإذا كانت قيمة المؤشر أقل من ٠,٣ فالإنسان يكون في حالة راحة، إما إذا كانت القيمة أكبر من ٠,٣ فإن الاجتهاد يبدأ بالظهور على الإنسان (شكل رقم: ٦-٦).



(شكل رقم: ٦-٦)، علاقة مؤشر الجهد النسبي مع فعالية درجات الحرارة

المناخ وجسم الإنسان في بيئة دلتا النيل

ذكرنا سلفاً أن طاقة الإنسان ترتبط ارتباطاً قوياً بالمناخ أكثر من أى عنصر آخر من عناصر البيئة الطبيعية . فلقد ثبت أن الوظائف الفسيولوجية للجسم البشرى تستجيب للتغيرات الجوية .

وتتمثل العناصر المناخية التى يتأثر بها جسم الإنسان فى بيئة دلتا النيل تأثيراً مباشراً فى : درجة حرارة الهواء وحركته ونسبة الرطوبة . فالهواء البارد الساكن فى الشتاء يمكن للإنسان أن يتحملة ، ولكنه اذا اشتد هبوب هذا الهواء فإنه يجعل الطقس بارداً جداً ولو أن درجة حرارته لم تنخفض ، ويمكن للإنسان أن يتحمل درجات حرارة مرتفعة إذا كان الهواء جافاً ، أما إذا كان الهواء رطباً فإنه يعمل على الشعور بالضيق والاختناق .

وهناك محاولات كثيرة لتحديد ومعرفة مدى تحمل الإنسان وتأثره بدرجة الحرارة وعلاقتها بنسبة الرطوبة وما ينتج عنهما من قلق للراحة . من هذه المحاولات محاولة تايلور G. Taylor التى أطلق عليها اسم "Hythergraph" واستعان فيها . لرسم منحنى المناخ لأى محطة جوية ، بالمتوسط الشهرى لدرجة الحرارة وكمية المطر الشهرية (برصة) ونظراً لأن كمية المطر لا تعد دليلاً كافياً للرطوبة ، عند ربط وتقويم المناخ وعلاقتها بالراحة البشرية ، فأنتا يمكن أن نتخذ متوسط درجة حرارة الترمومتر المبلل أو متوسط نسبة الرطوبة دليلاً ، مع درجة حرارة الترمومتر الجاف ، يوضح العلاقة القوية بين المناخ واستجابات الجسم البشرى له ، ويمكن تحديد ذلك بمنحنيات للمناخ "Climograph" التى تضع أفضل الأسس لتعيين الأحوال والظروف الجوية التى يستطيع الإنسان أن يتحملها ويرتاح فيها .

وفى محاولة أخرى ، اقترح ثوم "E.C.Thom" مقياساً لمعرفة العلاقة بين درجة الحرارة ونسبة الرطوبة ومدى تأثير الإنسان بهما ، أطلق عليهما اسم مقياس التعب أو المضايقة "Discomfort Index" وتلخصه المعادلة الآتية :

$$DI = 0,4 (ta + tw) 15$$

حيث أن Ta هى المتوسط السنوى لدرجة حرارة الترمومتر الجاف (ف) و tw هى المتوسط السنوى لدرجة حرارة الترمومتر المبلل (ف) . والمضايقة على نتيجة المعادلة ، فإذا ما ارتفع معدل المقياس إلى ٧٠ زاد شعور الإنسان بعدم الراحة ، أما إذا بلغ المعدل ٧٩ فإن الجو يكون غير محتمل . هذا ويمكن أن نقرر هنا أن أنسب درجة للحرارة يمكن للإنسان أن يتحملها دون تعب هى ٣٧ درجة مئوية (٩٨,٦) والتى تمثل درجة الحرارة العادية لجسم الانسان ، أما أنسب قيمة للرطوبة النسبية فهى ما كانت تتراوح بين ٣٠% و ٧٠% .

وفي بيئة دلتا النيل، تؤثر درجة الحرارة والرطوبة النسبية على النشاط البشرى بها، كما تعطى ميزة التوطن، فلقد لوحظ أن المتوسط السنوى لدرجة الحرارة، في منطقة دلتا النيل، لا يختلف كثيراً من جهة لأخرى، كما أن متوسط حرارة فصل الشتاء معتدل للغاية أما في فصل الصيف فإنه هذا المتوسط يزداد كلما اتجهنا جنوباً، ويتضح هذا كثيراً بالنسبة لمتوسط النهاية العظمى للحرارة حيث يبلغ الفرق بين الجهات الشمالية (الاسكندرية) والجنوبية (القاهرة) ٦° مئوية، وهذه المتوسطات جميعها يمكن للإنسان أن يتحملها. ولكن قد تدعو الضرورة إلى التعود على القبط مع بداية فصل الربيع لتوقف نشاط غدد الإفراز خلال فصل الشتاء، وحينما يأتي أولى يوم شديد الحرارة في الربيع يكون التألم منه أشد من الأيام المماثلة خلال بقية الفصل حيث تكون هذه الغدد قد بدأت نشاطها.

أما بالنسبة للرطوبة النسبية فقد لوحظ أنها تزداد بصفة خاصة في مدن الساحل في فصل الصيف فصل الحرارة الشديدة، ولا سيما في شهرى يوليو وأغسطس حيث تبلغ أقصاها فيها (٦١٪ في الإسكندرية و٧٣٪ في بورسعيد). والواقع أنه لولا حركة الهواء المستمرة التى تلتطف من أثر كل من تطرف الرطوبة والحرارة لأصبح الجو في هذه الجهات غير محتمل.

ولو حاولنا أن نطبق مقياس Thom المذكور على بعض محطات منطقة دلتا النيل، لمعرفة مدى تأثير الإنسان فيها بالعنصرين السابقى، فإنه سيعطينا النتائج الآتية:

الاسكندرية	٦٧,٢
دمهور	٦٦,١
طنطا	٦٦,١
الزقازيق	٦٤,٧
القاهرة	٦٧,٦

من الأرقام المذكورة يتضح لنا أن معدل المقياس ينخفض عن ٧٠ في كل جهات الدلتا تقريباً مما يوحى بأن الجو فيها يمكن احتماله، إذا لا يشعر الإنسان هنا بأدنى تعب أو مضايقة.

ثانياً: المناخ وصحة الإنسان

عرف الإنسان من قديم الأزل تأثير العناصر الجوية على صحته، وكان ينتقل باحثاً عن الهواء العليل والشمس الدافئة والسماء الصافية والشواطئ الهادئة. وكان الارتباط بين تعاقب الصحة والمرض وتغير الظروف الجوية شغله الشاغل في كل الأزمنة. فقد أورد

الطبيب اليونانى هيبوقراط Hippocrate (٤٦٠ - ٣٧٧ ق.م) فى كتابه (الهواء والماء والامكنة) كثيراً من الأمور المتعلقة بتأثير ظواهر الجو على صحة الإنسان. وعالج أطباء العصور الوسطى مرضاهم باختياراتهم أماكن وفصول معينة ذات ظروف جوية محددة بحيث تخفف من آلامهم وتعمل فى شفائهم. وعلى الرغم من التقدم العلمى والتطور التكنولوجى الذى انضم به النصف الثانى من القرن العشرين الماضى، إلا أن موضوع علاقة الصحة بالظروف الجوية لم يلق اهتماماً كافياً من البحث والدراسة، ويعزى ذلك الى اكتشافات العالمين الكبيرين باستور، ومندل فى القرن التاسع عشر، حيث كشف باستور عن وجود الجراثيم، وحدد مندل دور الوراثة الطبيعية، وهذا ما قلل من أهمية دور البيئة الطبيعية فى تأثيرها على صحة الإنسان، على الرغم من أن الكثير من الأمراض قد تكون بسبب ظروف جوية معينة. ولقد ثبت مؤخراً وجود ارتباطات كبيرة بين أنواع المناخ وانتشار أمراض معينة.

وللمناخ تأثير مزيج على الإنسان، فله تأثير فيسيولوجى، كما أن له تأثيراً نفسياً، وهذه التأثيرات قد تكون مباشرة فى حالة تعرض الإنسان لموجة برد شديدة وهو فى العراء، أو غير مباشرة عن طريق الميكروبات والحشرات. ولقد دلت الاحصاءات العالمية الى وجود صلة وثيقة بين عدد الوفيات وحالة الجو، حيث تكثر الوفيات فى الأيام التى تهب فيها الرياح بسرعة عالية. وأكثر الظواهر الجوية تأثيراً على صحة الإنسان، هى؛ انخفاض الضغط الجوى الذى يصاحب بحارة مرتفعة وسقوط الأمطار، وكذلك رطوبة جوية عالية، وحدوث عواصف هوائية. ويبرز تأثير الجو واضحاً أكثر فى حالة الاشخاص المصابين بأمراض قلبية حيث تزداد نسبة الوفيات بينهم.

ويُتباين تأثير العناصر المناخية على صحة الإنسان، ويبدو ذلك واضحاً من العرض التالى لتأثير هذه العناصر

الاشعاع

يتولد عن زيادة فى كمية الاشعة فوق البنفسجية التى يتعرض لها جسم الإنسان، كما يحدث عادة فى الجبال المرتفعة، ضربة شمس شديدة وتشقق فى الجلد أو حدوث بقع عليه. ويعتقد أن بعض أنواع السرطانات الجلدية الخفيفة تسبب الاشخاص ذوى البشرة البضاء الذين يقطنون مرتفعات المناطق الحارة. كما أن المستوطن الأبيض فى تلك المناطق يجد صعوبة فى شفاؤه من الأمراض الجلدية التى تصيبه نتيجة لشدة العرق. وسواء كان هناك زيادة فى الأشعة فوق البنفسجية أم لا، فإن الاشعاع الشمسى الشديد يسبب ضربة الشمس. ومن الملاحظ أن كثرة أشعة الشمس وشدها فى المناطق الحارة تساعد على زيادة سرعة نمو بعض الغدد فى جسم الإنسان مما يؤدى إلى انخفاض سن البلوغ فى المناطق الحارة إلى حدود سن الثانية عشرة، لكنه يقارب فى مناطق المناخ

المعتدل سن الخامسة عشرة، وفي المناطق الباردة يصل حتى سن الثامنة عشرة تقريباً.

الحمى

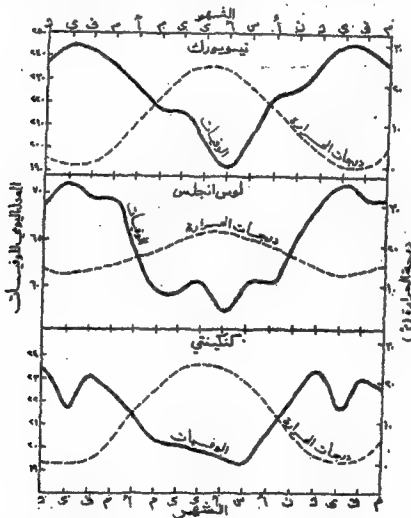
يمكن ربط تركيز حدوث بعض الأمراض في فصل من السنة دون غيره بالظروف الجوية السائدة. فعلى سبيل المثال يكثر حدوث أمراض الحمى الحمراء والدفترية في سويسرا في فصل الشتاء بوجه خاص، بينما أمراض الحصبة، والأنفلونزا، والجدرى تكون أكثر حدوثاً في فصل الربيع. بينما تحدث أمراض القلب والجهاز التنفسي في أواخر الشتاء وأوائل الربيع في إنجلترا وأستراليا. ويؤكد العلماء انخفاض ضغط الدم في الأيام الدافئة عند المرضى الذين يعانون من فرط التوتر الشرياني. وتزداد الآلام المفصليّة عند المرضى بالروماتيزم في الليالي الباردة، كما تكثر إصابات الكليتين وجهاز التنفس. وتسوء أحوال المرضى المصابين بالربو وتغيرهم نوبات ثلثية من ضيق التنفس عند الانخفاض المفاجئ في درجة حرارة الجو.

ومما لا ريب فيه أن هناك أشخاصاً لهم القدرة على تحمل تطرفات حرارية شديدة. فقاطبي المناطق المرتفعة الحرارة لهم طاقة كبيرة على تحمل الحرارة المفرطة في الزيادة، كما يستطيع سكان الصحاري الحارة السير حفاة على الرمال التي تتعدى حرارتها ٧٠°م، في حين نجد أن قاطني المناطق المعتدلة الباردة يجد الآما في السير في نفس الظروف. كما أننا نجد أن قاطني المناطق الشديدة البرودة في العالم بإمكانهم السير حفاة على الثلج لبضع ساعات دون أن يشعروا بعدم الراحة. ويعد سكان جبال الانديز من ذوي المقاومة الشديدة للبرد، ذلك أن أقدامهم مزودة بأوعية دموية شعرية تدور خلالها "حرارة في القدم بسرعة. كما ظهرت قدرة صيادي السمك في إقليم جاسيه Gaspe في شرقى كندا على التكيف بسرعة مع الأحوال الباردة. وفي الحالات الشديدة البرودة، فإن إصابة الصقيع للأطراف يكون أمراً عادياً. إلا أن أسوأ آثار البرد هي ما يصيب الرئتين خاصة في الأراضي المرتفعة، حيث يعرف الفصل البارد باسم حصاد الموت.

وإذا ما تلازمت درجات الحرارة المرتفعة مع رطوبة جوية عالية، فإن هذا سيترتب عليه ظهور طفق على الجلد، هذا الطفق يتطلب المصاب به لكي يتم شفائه منه أن يبقَ ولو لفترة قصيرة إلى بيئة صحية أكثر. ويكثر حدوث ضربة الشمس في حالة الجو الأكثر جفافاً، إذ إن الإصابة بضربة الشمس يزداد عندما تزيد درجة الحرارة عن ٤٨°م، وضغط بخار الماء يكون في حدود ١٠ ملم. وفي المناطق البحرية حيث الرطوبة المرتفعة، وفي حالة الشتاء البارد، فإن أمراضاً معينة تظهر، مثل أمراض الروماتيزم والتهاب المفاصل. وتزداد الإصابة بأمراض الرئة في حالة مصاحبة البرد الشديد بالرطوبة المرتفعة. وينجم عن البرد الشديد والملابس المبللة حدوث آلام مزعجة، حيث تتشقق الأقدام عندما يكون الحذاء مبللاً، وقد يتعرض الإنسان للموت إذا ما كانت الملابس مشرية بالماء. أما إذا كان

الجو حاراً والرطوبة الجوية منخفضة كما يحدث في المرتفعات المدارية، فأن هذا يؤدي الى تشقق الجلد وخاصة الشفتين، كما يمكن أن يحدث نزيف حاد من الأنف.

ولما كان هناك العديد من الأمراض تختلج عن طريق الحشرات التي يرتبط تكاثرها وتطورها بالظروف المناخية. فالبعوض على سبيل المثال يسبب مرض الملاريا، ويكثر هذا البعوض في الأجواء الحارة والمستنقعية، ويتطلب تكاثره وجود درجات حرارة لا تقل عن ١٥ م، وأمطار سنوية تزيد عن ١٠٠٠ ملم يمكنها أن تخلق بيئة رابدة من الماء يحتاج إليها البعوض لتكاثره ووجوده. كما أن الحمى الصفراء Yellow fever والتي يقوم بنقلها البعوض لا يمكن أن توجد في درجات حرارة تقل عن ٢٠ م. ولعدد الوفيات علاقة بتغيرات درجات الحرارة، وهذا ما توضحه منحنيات درجات الحرارة السنوية والوفيات في ثلاث مدن أمريكية (شكل رقم: ٧-٦).



(شكل رقم: ٧-٦) العلاقة بين عدد الوفيات ودرجات الحرارة في ثلاث مدن في الولايات المتحدة الأمريكية

الضغط الجوي

تتمثل المؤثرات التي تنتج عن الضغط الجوي في المناطق المرتفعة، حيث تقل كثافة الهواء ويزداد تخلخله ولذا ينخفض الضغط الجوي، ويستحيل على الإنسان العيش بصورة دائمة في المناطق التي يزيد ارتفاعها عن ٥٢٠٠ متر. ولقد دلت التجارب التي تمت في كثير من الجهات الجبلية على خطورة الحياة في المناطق التي يزيد ارتفاعها عن ٥٠٠٠ متر، وتوصلت الى نتائج هامة تستوجب على العمال القادمين من اراضى منخفضة ويعملون في مناجم على ارتفاع ٥٨٠٠ متر أن ينتقلوا يومياً الى المناطق المنخفضة، لأن النقص في الأوكسجين في تلك الارتفاعات لا يمكن أن يعوض بالاقلمة، بينما في مقدور العمال القادمين من جهات مرتفعة (٥١٠٠ متر) من البقاء لمدة أسبوع دفعة واحدة، والآثار الفسيولوجية الناجمة عن انخفاض الضغط الجوي مع الارتفاع، تتمثل في؛ الصداع، والغثيان، والأرق، والضعف.

الرياح

هناك حكمة أطلقها طبيب القرن السادس عشر بارسيلوس هي «أن من كشف أسرار الرياح والعواصف والطقس عليه أن يكون أعرف الناس بأسباب الأمراض». ومنذ العصور الوسطى عرف الأوروبيون رياح الجنوب أو رياح القهن التي تهب على إيطاليا محملة بالهواء الرطب وتتجه نحو جبال الألب الشاهقة حيث تفقد رطوبتها بعد سقوط ما بها من بخار الماء، وتتابع سيرها على السفوح الشمالية على شكل رياح جافة ودافئة. وهذه الرياح هي التي وصفت بأنها تذيب الثلوج التي تتراكم في فصل الشتاء، وعرفها اليونانيون والأغريق ببالعة الثلوج. ويصحب هبوب هذه الرياح الجنوبية انخفاض في الضغط الجوي، كما تصاحب بأعراضاً مرضية ظاهرة؛ كالقلق، والشعور بالحزن، والاضيق، والأرق، والأحلام المزعجة. وقد لاحظ الأطباء الألمان والنمساويون والنرويجيون ظهور علامات التهيج عند المصابين بأمراض عصبية وقلبية. كما أثبتت بعض الدراسات كثرة جرائم القتل وحوادث الانتحار في هذه الآونة. وتؤدي التغيرات الجوية المصاحبة لرياح الفوهن الى اضطرابات صحية، حيث لوحظ في جنوب أوروبا أن الأطفال الرضع هم أول من يتأثر بتلك الرياح اذ يزداد صراخهم في الحدايق ودور الحضانة ولا ينقطع إلا بعد هدئها. زفي المدارس يحصل الأطفال في هذه الفترات على درجات متدنية في دروسهم نتيجة لتهديجهم واهمالهم لواجباتهم المدرسية وأصابتهم بعدم الأكرات. أما الاشخاص البالغون فتسبب رياح الفوهن ضعفا في قواهم وازديادا في تهيجهم، كما تؤدي الى أرق مزعج عند الكثير منهم. وتكون الاعراض واضحة عند المرضى المصابين بضيق في الأوعية التاجية، والروماتيزم، وآلام الصداع النصفي (على موسى، ١٩٨٢).

أما الرياح الشمالية المعروفة باسم المسترال فأنها تؤدي الى ظهور الصواعق والارق واحتداد الآلام العصبية، وتزداد عند هبوبها النزلات الوافدة، وتسوء حالة المصابين بأمراض رئوية. ومثل هذه الأعراض تسببها رياح شمالية أخرى تعرف باسم ترامونتانو Tramontano التي تهب على شمال البحر المتوسط وعلى جنوبه. ولا يرتبط تأثير الرياح على صحة الإنسان بسرعة هبوبها أو اتجاهها فحسب، وإنما بالدرجة الأولى على ما تحدثه من تغيرات مفاجئة في الضغط الجوي والحرارة والرطوبة.

المنخفضات الجوية

تؤدي ظواهر الطقس المتغيرة أثناء مرور المنخفضات الجوية بجبهاتها المختلفة الحارة والباردة، ويقطاعاتها الهوائية المتنوعة من حارة وباردة الى تأثيرات على صحة الإنسان وقد لغت ذلك الانتباه من قديم الأزل، فقد تحدث هيبو قراط عن الآلام التي تصاحب تقلبات الطقس مع المنخفضات الجوية، كما جاء في العصور الوسطى تكبر للأعراض المرضية التي تسببها تقلبات الطقس في القوانين والتشريعات. فتؤدي تغيرات الطقس الشديدة الى اضطراب العمليات الحيوية في الجسم، فتتغير مثلاً خصائص الدم الغريزيه، ويزداد تخثره قبيل مرور الجبهة الهوائية الباردة، وتشتد عملية انحلال الخثرات الدموية بعد مرور الجبهة الهوائية الباردة. كما وتتغير وظائف الكليتين والغدد الصماء واحتواء الدم على السكر والكالسيوم والفوسفات والصوديوم والمغنيسيوم خلال تحرك الكتل الهوائية.

الظواهر الجوية الكهربائية

يجتري الجو على مجالات كهربائية قوية. ففي الأحوال العادية تكون الأرض ذات شحنة كهربائية إيجابية وقواعد السحب ذات شحنة كهربائية سالبة، ويقدر فرق الجهد الكهربائي الوسطى في الجو بمائة فولت في المتر المربع الواحد، وتزداد قيمة الفرق هذا الى أكثر من ألف فولت/م² في حالة حدوث العواصف والاعاصير، اذ ترتبط تغيرات التوتر الكهربائي بالظواهر الطبيعية الجوية المختلفة. وتمثل الصواعق اندفاع قوى للشحنات السالبة في أسفل السحب نحو الشحنات الموجبة عند سطح الأرض، مما يؤدي ذلك إلى توليد تيار كهربائي له وهيج هائل، ولهذه التفريغات الكهربائية آثار كبيرة على الصحة (على موسى، ١٩٨٢).

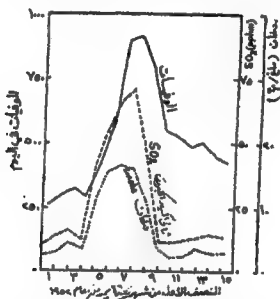
ويعزى علماء الحياة التأثيرات الكهربائية الجوية على جسم الإنسان إلى زيادة دخول الشحنات الكهربائية إلى جسم الإنسان ومشاركتها في عمليات الأيض التي تحدث في الجسم. والجدير بالذكر أن لكل من الشحنات السالبة والموجبة تأثيراتها الخاصة، فالشحنات الإيجابية تظهر تأثيراً سيئاً على صحة الإنسان وتؤدي زيادتها في الجو إلى

الشعور بالضيق والقلق . وجاءت التجارب التي أجريت في الولايات المتحدة لتؤكد التأثير السئ للشحنات الموجبة في الجو على صحة الإنسان، فلقد تم الطلب من بعض الأشخاص أن يتنفسوا خلال عشرين دقيقة هواء يحتوى على ٣٢ مليون شحنة في السنติمتر المكعب الواحد، وقد ظهر من خلال ذلك صدادع شديد وضيق في التنفس عند هؤلاء الأشخاص، بجانب أعراض تخريش مخاطيات الفم والبلعوم والأصابة ببحّة في الصوت . واستطلاع العلماء أن يبرهنوا على وجود صلة وثيقة بين زيادة نسبة الشحنات الموجبة في الجو وكثرة اللوبات عند المصابين بأمراض قلبية، وزيادة الاختلاطات في العمليات الجراحية، واقتروا لتفادى هذه الأخطار استخدام جهاز اشعاعى خاص يسمح بخفض نسبة الشحنات الموجبة في غرف المرضى وغرف العمليات، ولهذا السبب فإن المستشفيات تخصص الطوابق العليا (الطابق الثالث أو الرابع) بعيدا عن سطح الأرض الملئ بالشحنات المرجبة . وإلى جانب الشحنات الكهربية السالبة والموجبة فإن الجو يحتوى على موجات كهرومغناطيسية ولقد دلت الأبحاث على أن هذه الموجات تسبب الضرر والضيق عند الناس وتصيبهم بالصداع والضعف وتجعلهم يشعرون بضيق في الصدر . وتظهر الموجات الكهرومغناطيسية . حسب تقلبات الطقس، فهي تسجل بكثرة قبل هبوب العواصف، وتكثر في الربيع وتقل في الشتاء، وتصابح دوما انتقال الكتل الهوائية الحارة .

الضباب والملوثات الجوية

تبرز أهمية الضباب وأثاره الضارة من خلال الجسيمات الدقيقة التي تكون مجالات رحبا لتجمع جزيئات الماء وتشكل الضباب، وهذا ما جعل الضباب يكثر في المدينة مقارنة بالريف . وقد يكون الضباب الملئ بالملوثات الجوية القادمة من مصادر متنوعة من سطح الأرض احدى الظواهر الجوية القاتلة . ففي شهر أكتوبر من عام ١٩٣٠ تشكل ضباب كثيف في وادي ماس بالقرب من مدينة لياج Liege البلجيكية وكان هذا الضباب مليئا بالغبار وجزيئات غازية مختلفة سببت تلوث الجو لمدة خمسة أيام كاملة، كان من ضحايا هذا الضباب قرابة ٦٣ شخصا، وعدد أكبر بعدة مرات من الأشخاص الذين شعروا بسوء حالتهم الصحية لفترات طويلة بعد انقشاع الضباب . وقد حدثت مثل هذه الظاهرة في بلدة دونورا الأمريكية القريبة من مدينة بنسبرج عام ١٩٤٨ . ومع ذلك فإن حادثتي لياج ودونورا لا يمكن مقارنتهما بما حل في مدينة لندن عام ١٩٥٢ . ففي صباح الخامس من شهر يناير من عام ١٩٥٢ شهد سكان مدينة لندن غياب الشمس غيابا كاملاً عن سماء العاصمة البريطانية، فقد كانت تحجبها عنهم طبقة دخانية ضبابية كثيفة لم يعد أن شاهدها من قبل، وقد استمرت هذه الظاهرة لمدة أربعة أيام، لاقى أكثر من أربعة آلاف شخص حتفهم خلالها (شكل رقم : ٨-٦) . والضباب في حد ذاته ليس خطراً على الإنسان، ولكن يصح

خطراً إذا كان يحتوى على شوائب كثيرة؛ ففى حادثة وادى ماس كان الهواء مشبعاً بالشوائب المعدنية التى تطلقها المصانع الكبيرة كمصانع الحديد والزنك والزجاج فى الجو. وهذا ما حدث فى صباح الخامس من يناير عام ١٩٥٢ عند تشكل ضغط جوى مرتفع فى الأجزاء الجنوبية من بريطانيا مستمراً بضعة أيام لم يشعر الناس خلالها بحركة الهواء، إذا كان الجو هادئاً، وكان هذا الوضع الجوى يسود فى معظم الأراضى البريطانية، إلا أن الكارثة حلت فى لندن وحدها، وقد رجع ذلك إلى التلوث الشديد الموجود فى أجواء العاصمة البريطانية، حيث قدر الاخصائيون أن الضباب الكثيف فوق لند كان يحتوى عام ١٩٥٢ على عدة أطنان من الدخان ومركبات المواد الكبريتية .



(شكل رقم ٨-٦)، تأثير الملوثات الجوية على الوفيات في لند خلال شهر يناير عام ١٩٥٢

وإذا كان الارتباط واضحاً بين الصحة والمرض والطقس، فإن الارتباط يكون واضحاً أيضاً بين الصحة والمرض والنشاط الاقتصادى. وتبدو تلك الارتباط أشد وضوحاً إذا أخذنا فى الحسبان بعض المصادر البشرية والطبيعية التى تدخل فى تكوين الجو القريب من سطح الأرض والتى تتحرك تأثيراتها على الصحة وأثارها واضحة على النشاط الاقتصادى. ويعد التلوث من الموضوعات ذات الأهمية فى كافة أنحاء العالم، خاصة بعدما تأكد ارتباط الكثير من الأمراض بالملوثات الجوية، كما فى؛ أمراض الالتهابات الشعبوية وأمراض سرطان الرئة، وأقل من ذلك أمراض أوعية القلب. ولقد قدر لافى وسكين Lave and Seskin عام ١٩٧٠ التكلفة السنوية للأمراض التنفسية فى الولايات المتحدة فكانت قرابة ٥٠٠٠ مليون دولار (على موسى، ١٩٨٢).

وتعتمد النتائج الفسيولوجية للتلوث على شدة تركيز الملوثات ومدة التعرض لها والجرعة منها التي يستنشقها الإنسان. والتأثير الأولى للملوثات، يتمثل في الملوثات الكيميائية التي تسبب حرقاً أو لسعة في العينون بفعل تأثير الغاز اللاسع أو الحارق المعرف باسم بيروكسياسيتيلنترات Peroxyacetylnitrate والذي يتشكل من التفاعلات بين الهيدروكربونات وأكاسيد النتروجين والأوكسجين الجوي تحت تأثير ضوء الشمس. أما الأوزن الذي ينتج من تلك التفاعلات فإنه يؤدي أنسجة الرئة ويزيد من معدلات الرفيات، حيث يسبب تورمات في أوعية الرئة. ومن الممكن أن يؤدي ثاني أوكسيد الكبريت إلى نغفن المجرى التنفسي الأدنى، خاصة بين الأشخاص المتقدمين في السن، والأطفال الصغار.

المناخ وصحة الإنسان في بيئة دلتا النيل

ذكرنا سلفاً أنه ينتج عن تغيرات الجو وتطرفه كثيراً من التأثيرات على صحة الإنسان، منها بعض الأمراض التي تحدث من التأثيرات المباشرة للظروف الجوية على الجسم، وتعد درجة الحرارة المتطرفة وزيادة نسبة الرطوبة من الأسباب التي تؤدي إلى ظهور أعراض مرضية كثيرة.

ولقد أكدت الأبحاث الطبية الحديثة، أن الجو وتقلباته في دلتا النيل ليس مسئولاً عن ظهور أمراض البرد والالتهابات والنزلات الشعبية والانفلونزا بأنواعها، على أن ظهور موجات دفاء غير عادية في فصل الشتاء تؤدي عادة إلى انتشار مثل هذه الأمراض، والسبب في ذلك يرجع إلى أن الكثير من الناس يخفون من الملابس الصوفية للدفاء غير المعمود ولا يلجأون بسرعة عودة درجة الحرارة العادية في مثل هذا الوقت (٢١ م نهاراً و ٧ ليلاً). ولكن استمرار البرد وإنخفاض درجة الحرارة واضطرار الناس إلى البقاء مدداً كبيرة داخل غرف وأماكن مغلقة تزيد فيها نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون بعد نواتج التنفس الانماني، يؤدي إلى احتمال الإصابة بـزيف دوالي المرئ صيفاً، هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى فإن ارتفاع درجة الحرارة صيفاً يؤدي إلى زيادة تركيز البوجل والدم، وبالتالي ارتفاع نسبة الإصابة بحصوات الكلى والمثانة والحالب واحتتمالات الجلطة الدموية^(١).

وينبغي أن ندرك أنه بجانب الصلة الراضعة بين أشعة الشمس ودرجة حرارة الهواء، فإن ضوء الشمس تلج عنه تأثيرات عديدة، ومفيدة على جسم الانسان، ومن هذا كان القول

(١) من المعروف عن مناخ دلتا النيل، أن فصل الشتاء قد يتميز بظهور موجات حارة، ترتفع فيها درجة الحرارة عن معدلها الفصلي، منها مثلاً موجة ٢٢ يناير سنة ١٩٤٨ (٣٠،٢ مئوية) ومرجه يناير ١٩٧١ (٢٨ مئوية).

المأثور، البيت الذى تدخله الشمس لا يدخله الطبيب، فقد ثبت أن الأشعة تحت الحمراء Infrard Rays التى يمتصها الجسم أو الملابس تتحول إلى حرارة، ولهذا فأنها تعرض كثيراً للبرودة الشديدة للهواء، أما الجزء المرئى للأشعة (الضوء) فإنه يؤثر كثيراً على العين، فزيادته تسبب فقداناً مؤقتاً للبصر بسبب أظلام عدسة العين Cataract وظهور نوع من الصداع المقلق للراحة الذى لا تعرفه المناطق غير المدارية لإشديدة الحرارة. وأبرز ما يمتاز به أشعة الشمس هى الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet Rays التى لها من المقدرة على تكوين فيتامين (د) فى الجلد، كما أنها تضعف من نمو البكتريا والجراثيم الفطرية السببية، أما وجه الخطر لهذه الأشعة فيمكن فى أنه قد يتسبب عنها فى بعض الأحيان التهاب الجلد. وقد دلت التجارب أن قوة لفخ الشمس فى مصر عموماً، من شدة تأثير الأشعة فوق البنفسجية، فى فصل الصيف تعادل مثيلتها فى الشتاء ١٥ مرة، وهذا مما يهيج الجلد فظهور عليه البثور المعروفة باسم «حمو النيل» الذى يظهر على شكل وباء فى الصيف، كما أن المصطافين على الساحل يصابون بأمراض جلدية شديدة عند تعرض أجسامهم لأشعة الشمس مدة طويلة، وبطبيعة الحال فإن الأماكن التى يقصدها الباحثون عن الصبغة دائماً توجد فى الأجواء المشمسة وخاصة فى فصل الشتاء. وببذة دلتا النيل، من هذه الأماكن إذ لا تغطى سماؤها السحب وتحجب عنها أشعة الشمس الا فى ظروف خاصة وفترات قصيرة.

رياح الخماسين، بما تتميز به من زيادة إرتفاع درجة حرارة الهواء وشدة جفافه، تؤدي إلى، وتساعد على، تقشف الجلد وتشققه وخاصة الأجزاء المعرضة منه للجو مباشرة كالوجه واليدين. وفى نفس الوقت فأنها تمنع بما تحمله من رمال وغبار التثام الجروح، بل وأكثر من ذلك تزيد من مضاعفتها وأضرارها.

كما وأن ظاهرة الضباب الصباحى الذى يتكون فوق أرض دلتا النيل فى شهور الشتاء، نتيجة أستقرار الجيوب بسبب إرتفاع درجة الحرارة بشكل غير عادى، تتحول إلى ظاهرة المعاج، وهى الرمال الدقيقة المعلقة فى الهواء، التى تجعل من حركة التنفس غير مريحة.

وإذا كانت هذه صور التأثيرات المباشرة للعوامل الجوية على صحة الإنسان، فإن هناك جانباً آخر من التأثير غير المباشر يمثل فى إختيار كمية ونوع الطعام الذى تتأثر به فسيولوجية الجسم مباشرة، ويتوقف ذلك على درجة الحرارة. فتحت الظروف الجوية الباردة يحتاج الجسم إلى كمية كبيرة من الطعام ترتفع با نسبة الدهون والكربوهيدرات

وكذلك الفيتامينات والمعادن الضرورية، التي تعطي الجسم سرعات حرارية عالية تمكنه من مقاومة البرودة، ليحافظ على حرارته. أما المتطلبات الغذائية في المناخات المدارية الحارة فتختلف عن مثيلاتها في العروض الوسطى، وبصفة خاصة في زيادة كمية الملح في الطعام والماء وبعض الفيتامينات.

والواقع أن نقص السرعات الحرارية لجسم الإنسان وقلة الفيتامينات والمعادن به تعرضه لأمراض سوء التغذية.

. ومن الملاحظ أن اعتدال المناخ في دلتا النيل كان له أكبر الأثر في تحديد نوعية غذاء سكانها وكميته، هذا ولا يخفى علينا ما لمستوى المعيشة والموارد المتاحة من أثر في ذلك. فالسواد الأعظم من سكان الدلتا يكاد يكون نباتياً رغم إرادته، تبعاً لعدم حاجته إلى وجود كميات كبيرة من الدهون والبروتينات في غذائه، وعلى ذلك فهو من أكلة الخبز أساساً. ولعل الشمس المشرقة، لفترات طويلة من السنة وحدها هي غذاؤه الحقيقي وعلاجه الأول من سوء التغذية.

المناخ والأمراض في بيئة دلتا النيل

تلمب كثير من العوامل مثل النظافة والتغذية والعلاقات الاجتماعية دوراً في تحديد أسباب الأمراض وانتشارها. ويعد المناخ عاملاً آخر له أهميته في هذا الشأن، ولعل أبسط مظهر وانعكاس لتأثيره على الأمراض يتمثل في ظاهرتين أساسيتين هما: (أولاً) العلاقة بين العوامل الجوية والعائل المضيف للأمراض، حيث تبين أن التغير المفاجئ في حالة الجو هو السبب الرئيسي لاضطراب أجهزة وأعضاء الجسم وخصوصاً الكبد والكلية والمعدة. (و) (ثانياً) التأثيرات المناخية على المناعة الطبيعية للجسم. ولقد ثبت بما لا يدع مجالاً للشك أنه ليس أوثق من العلاقة التي تربط بين تغيرات الجو وخاصة بالنسبة لدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة، وكثير من الأمراض العضوية منها والنفسية.

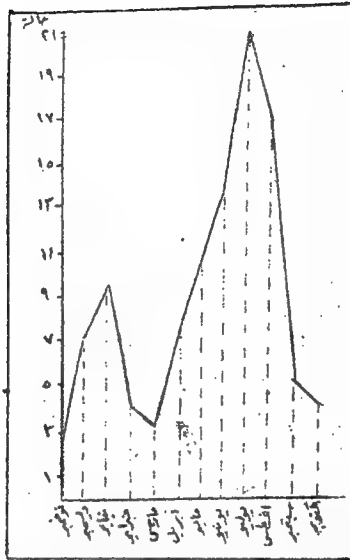
وقد أجريت أبحاث طبية كثيرة في أنحاء عديدة من العالم عن علاقة الجو بالأمراض من بينها البحث الذي قرّر فيه «سولكوترومب»^(١) أن الشهر الذي يولد فيه المرء خلاله، قد تكون له صلة بالأمراض التي يمكن أن يتعرض لها في المستقبل. فلقد اتضح من الإحصاءات أن كثيراً من المصابين بمرض انقصاص الشخصية (في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا) من مواليد يناير وفبراير ومارس ويمكن العثور على سبب ذلك خلال السنة الأولى قبل الولادة. وبمعنى آخر خلال أشهر الصيف الحارة، ففي الشهر

(١) عالم هولندي، مدير معهد لايدن الهولندي المتخصص في دراسة تأثير الجو على الإنسان والحيوانات والنباتات، الأهرام ٣ مايو ١٩٧٠، ص ١.

الثالث بعد بدء الحمل تبدأ المرحلة التي يتحدد فيها غلاف الجنين . والأرجح أن ارتفاع ارتفاع درجة الحرارة خلال تلك الشهور، وقلة استهلاك البروتين، في مقدمة الأسباب التي تؤدي إلى حدوث خلل في ذلك الغلاف . وقد أوضح هذا البحث أيضاً: أن أكثر المصابين بالسرطان (في نصف الكرة الشمالي) يكونون من مواليد ديسمبر ويناير وفبراير ومارس، وأن الأصابة في تلك المنطقة بهذا المرض تكون أقل بمراحل بين مواليد شهري يونيو ويوليو.

وفي مصر، أجريت أبحاث هامة عن الصلة بين المناخ والأمراض، منها بحث عن العلاقة بين الجو وزيغ دوالي المرئ والأمعاء^(١). وقد أجرى هذا البحث على ١٠٠ مريض ٩٠% منهم من دلتا النيل، ويصفة خاصة من المنصورة وطلطا، وأنتهى إلى أن منحنى الزيف كان يزداد ابتداء من نهاية شهر مارس حتى يصل إلى القمة في شهري يوليو وأغسطس ثم يبدأ في الهبوط والعودة إلى معنله العادى (أنظر شكل رقم ٩-٦)، وكان متوسط كمية الزيف في كل مرة ولكن حالة حوالي ١/٢ لتر من الدم، وأن ٦٠% من الحالات كانت تحتاج إلى عمليات نقل الدم. وتبين أن ارتفاع درجة الحرارة في شهر مايو ويوليو وأغسطس إلى ٣١,٥ و ٣٣,٥ و ٣٥ مئوية، على الترتيب، أدى إلى زيادة حالات الزيف من ٧ حالات في شهر أبريل إلى ١٠ في شهر مايو، و ١٣ في يونيو، و ٢٠ في يوليو، و ١٦ في أغسطس. وتبين من ذلك أن فترة الزيف تعظم في شهري يوليو وأغسطس (٣٦% من الحالات). ولقد أوضح البحث كذلك أسباب ارتفاع نسبة الأصابة بالزيف تبعاً لتغير درجة الحرارة ونسبة الرطوبة وحددتها بفترتين. الأولى، من أواخر ديسمبر إلى فبراير وهي فترة الإنخفاض الشديد في درجة الحرارة التي تؤدي عادة إلى كثرة الاستقرار والبقاء داخل الأماكن المغلقة التي تحتوي على نسبة كبيرة من ثاني أكسيد الكربون الذي يساعد على ضعف جدران الأوردة الدموية مما يؤدي إلى الضغط على الوريد البابى، وهو أصلاً مرتفع بالنسبة لمرضى دوالي المرئ والتليف الكبدي وتكون النتيجة استمرار الزيف طول مدة بقاء نسبة ثاني أكسيد الكربون مرتفعة. إلا أن نسبة الأصابة في هذه الفترة أقل بكثير من فترة الصيف الحارة. والفترة الثانية، وتتحصر فترة الخطر هذه في شهري يوليو وأغسطس حيث الحرارة المرتفعة والرطوبة الزائدة التي تؤدي إلى زيادة كمية وتركيز الدم في الجسم وانقباض الصنحال مما يتسبب عنه زيادة كمية الدم في الوريد الدموى البابى وبالتالي في دوالي المرئ وتكون المحصلة النهائية نزيفاً جديداً ومستمرأ.

(١) عالم هولندي، مدير معهد لايدن الهولندي المتخصص في دراسة تأثير الجو على الإنسان والحيوانات والنباتات، الأهرام ٣ مايو ١٩٧٠، ص ١.



(شكل رقم ٩-٦: عدد حالات النزيف من دوالي المرئ في شهور السنة (الأهرام ١٩٧٩/٥/٦)

ولقد تبين أيضاً أن أنواع النزيف المختلفة وليست المتعلقة فقط بدوالي المرئ والأمعاء تتأثر أيضاً بدرجة الحرارة، فالنزيف الدموي الداخلي عن طريق القم أو الشرج، بسبب فرحات المعدة المزمنة وفرحات الأمعاء وتليف الكبد، ويتأثر كثيراً بدرجة حرارة الجو التي يعمل تغييرها على مضاعفة المرض وزيادة خطورته.

ولا ينعكس أثر تغيير حالة الجو، في دلنا النيل، وبصفة خاصة درجة الحرارة على اضطراب أعضاء الجسم، كما ينعكس على أجهزة الكلى والكبد والمعدة. فلقد ثبت أن هناك علاقة مؤكدة بين تغيير درجة الحرارة وحصوات الكلى وتجلط الدم في الأوردة، فحيث يشد ارتفاع درجة الحرارة مع رياح الخماسين في أيام الربيع والصيف الحارة، يزداد العرق وتنقص معه الأملاح في الجسم ويؤدي هذا إلى سرعة تكوين حصوات الكلى

وجلططات الأوردة، كما ينقص الماء في الجسم أيضاً مما يعمل على زيادة تركيز الدم وتركيز البول. وكوسيلة للعلاج تستعمل أقراص ملح الطعام لمقاومة تأثير الجو الحار على تكوين الدم وصفاته، بالإضافة إلى الأكل من شرب الماء. وفصلاً عن ذلك يتأثر المخ وافرازات هرمونات الجسم بفترات الموجات الباردة أو الحرارة التي تنتاب دلتا النيل في شهور الشتاء والربيع، كما تزداد نسبة الأزمات القلبية والذبحة الصدرية والمخية في هاتين الفترتين. وكذلك تكثر الأمراض الصدرية والحصبة والحمى القرمزية في الفصلين السابقين ويعظم انتشارها بين سكان الدلتا عنها في الصيف والخريف.

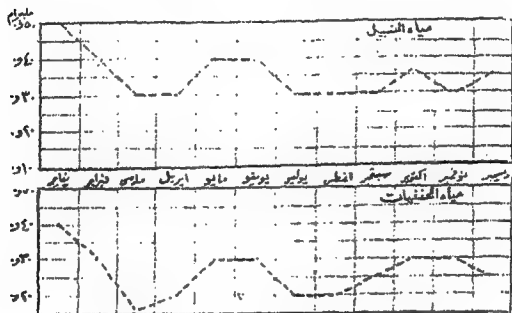
وتزيد الأمراض النفسية والعقلية في الربيع وأوائل الصيف، وخاصة الأمراض العقلية مثل التلكسات والانقصاص والاكتئاب، ولقد تعددت أسباب ذلك فقليل أن تغيرات فيسيولوجية وبيولوجية تحدث في الجسم أثناء هذا التغير في الفصول مما يثير الاستعداد الموجود عند الإنسان لهذه الأمراض. وإذا كان إنخفاض درجة الحرارة مسئولاً عن أخطار أمراض البرد والنزلات الشعبية فأن تزيثرات الجو الحار تكون أكثر ضرراً وخصوصاً على الوظائف الحيوية في الجسم.

نصل من هذا كله، إلى أنه وأن كان التغير في حالة الجو يعد عاملاً هاماً في ظهور أعراض مرضية كثيرة، فأن لاعتدال الظروف المناخية فوائد عظيمة على مقاومة الأمراض والشفاء منها كالهواء المتجدد، وأشعة الشمس الساطعة ودرجات الحرارة المعتدلة ونسبة الرطوبة المناسبة ذات قيمة طبية وعلاجية كبيرة - فلقد عرف منذ القدم أن تجدد الهواء وجفافه له أثر في علاج كثير من الأمراض مثل الدرن والربو، كما أن لين العظام وتسوس الأسنان وبعض الأمراض الجلدية يحتاج علاجها إلى التعرض لأشعة الشمس (فوق البنفسجية).

وبمن الملاحظ في هذا الصدد أنه نظراً لما تمتاز به منطقة دلتا النيل من اعتدال الأحوال الجوية وخصوصاً سطوع الشمس أغلب أيام السنة، مما كان له أكبر الأثر في مسألة نسبة الإصابة لكثير من الأمراض المعروفة عند سكانها. فمثلاً مرض تسوس الأسنان، الذي ثبت أن نسبة الإصابة التي تقل بين قاطنى الدلتا بما يحصلون من فيتامين (د) الذي تساعد على تكوينه في الجسم الأشعة فوق البنفسجية.

وفصلاً عن ذلك فأن ارتفاع درجة الحرارة أحياناً إلى ٤٠° مئوية خلال أيام الصيف الطويلة تدفع الإنسان، في الدلتا، إلى شرب كميات كبيرة من المياه تفوق معدلات الكمية التي يشربها الأمريكي مثلاً وبالتالي فأن كمية الفلوريد، في مصادر مياه الشرب ومن مياه النيل ومياه الصنابير تزداد تركيزها في فترات الحرارة المرتفعة وبالتالي فأن هذه

الكمية التي يمتصها الجسم والإنسان تفوق بالضرورة تلك التي يحصل عليها الأمريكي
(شكل رقم: ٦-١٠).



(شكل رقم: ٦-١٠)

نسبة الفلوريد بالمليجرام في كل لتر من المياه على مدار السنة


(الأهرام ١٩٧١/٥/٤)



الفصل السابع

المناخ وأنشطة الإنسان

مع التطبيق علي بيئة دلتا النيل



المناخ وأنشطة الإنسان مع التطبيق علي بيئة دلتا النيل

أولاً: المناخ والنشاط الزراعي

تؤثر العوامل الطبيعية للبيئة الزراعية، بطريقة مباشرة أو غير مباشرة في حياة النبات وسلوكه. ويظهر هذا التأثير على هيئة إستجابات وظيفية (مثل النقص في نشاط التمثيل الضوئي) أو على هيئة إختلافات في النمو وتغيرات في التركيب. ونظراً لأن الأنواع النباتية تختلف إختلافاً كبيراً في طبيعتها وفي درجة إستجابتها، فإن هناك عوامل معينة هي التي تعد البواعث المباشرة التي يستجيب لها النبات، أما العوامل الأخرى فإنها تؤثر في النبات عن طريق تأثيرها على هذه البواعث، أي بطريق غير مباشر.

وقد يتأثر النبات ببعض العوامل المباشرة مثل غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز الأوكسجين والجاذبية الأرضية، إلا أنها ذات تأثير طفيف بالقياس للعوامل البيئية الأخرى التي يظهر تأثيرها بشكل واضح على النبات. ومن أمثلة العوامل الأخيرة نذكر: درجة حرارة التربة، والهواء المحيط بالنبات، ونسبة الرطوبة في الجو، والضوء. وهذه العوامل على جانب كبير من الأهمية، لما لها من تأثير مباشر على الأطوار المختلفة لحياة النبات. وعلى الرغم من ذلك لم تلق دراسة هذه العوامل من وجهة نظر الإستخدام الزراعي إهتماماً كبيراً من جانب المشتغلين بالعلوم الميئورولوجية والمناخية حتى عهد قريب للأسباب التي ذكرها ستامب (1948) D-Stamp، ونلخصها في النقاط الآتية:

١- أن الأرصاد الأساسية في الدراسات المناخية توجه أساساً للدراسة البحثية للمناخ، ولا توجه لدراسة أثر المناخ في حياة النبات وسلوكه، ولهذا فإن الحقائق المهمة بالنسبة للميئورولوجي أو عالم المناخ قد لا تكون ذات قيمة بالنسبة للزراعيين، وبالمثل فإن كثيراً من الحقائق التي تهتم الزراعيين لا تلقى الإهتمام الكافي من جانب الميئورولوجيين أو علماء المناخ.

٢- قلة الإهتمام بدراسة الظروف المناخية للطبقة القريبة من سطح الأرض من الغلاف الغازي (المناخ التفصيلي Microclimatology)، والحاجة إلى أرصاد مناخية توضح قيمة الظروف المحلية المؤثرة على الحياة الزراعية بالإقليم، ولم يزل الكثير مجهولاً حول حقائق هذا الميدان، مثل أثر العوامل الجوية على مختلف أنواع الزراعات والمقننات المائية للأراضي.

وتختلف الأرصاد الجوية الزراعية عن الأرصاد الجوية العامة، حيث تدخل في حسابها الإحتياجات الحرارية للنبات سواء للمجموع الجذرى (حرارة التربة) أو للمجموع الخضري (حرارة السطح). كذلك تقاس كمية الرطوبة ونسبتها، كما تقاس سرعة الرياح على إرتفاعات مختلفة وقريبة من التربة إلى غير ذلك من قياسات العناصر المناخية الأخرى.

(١) درجة حرارة التربة،

تقاس درجة حرارة التربة في حقول ثلاثة: حقل خال من الزراعات Dry Field وحقل مبث (مروى) Wet Field وحقل الحشائش (به زراعات) Grass Field والأخير هو مايهما في هذه الدراسة.

وتهتم محطات الأرصاد الجوية الزراعية بقياس درجة حرارة التربة على أعماق مختلفة، وذلك لتأثير هذه الحرارة على المجموع الجذرى للنبات في أطواره المختلفة. بالإضافة إلى تأثيرها في العمليات الحيوية والكيميائية والطبيعية التي تجرى في التربة فهي تؤثر في معدل امتصاص الماء والمواد الذائبة فيه، كما أنها تؤثر في إنبات البذور وسرعة نمو الجذور وغير ذلك من الأجزاء الأرضية للنبات وبالتالي على الأجزاء الهوائية. وهي كذلك منشط قوى لجميع التفاعلات الكيميائية، كما إنها تؤثر في جميع العمليات الطبيعية التي تحدث بالتربة كسرعة التبخر وإنتشار الغازات والأبخرة والأملاح الذائبة فمثلاً تنقص سرعة النتح بالنسبة للنباتات التي يمتد مجموعها الجذرى في تربة تنخفض درجة حرارتها على عكس النباتات التي تعيش جذورها في درجات حرارة مرتفعة.

وتتأثر درجة حرارة التربة بمجموعة من العوامل الطبيعية والصناعية نجلها فيما يلي:

- ١ - الحرارة النوعية لمادة حبيبات التربة. فمن المعروف أن الحرارة النوعية للأراضي الطينية والصفراء أكبر من الحرارة النوعية للأراضي الرملية.
- ٢ - ماء التربة. ويحصر مدى تأثير التربة بهذا العامل بالشكل التالي:
 - أ - أثر الماء على الحرارة النوعية ج - أثر الرشح
 - ب - أثر تبخر الماء د - أثر الصرف
- ٣ - المزروعات: حيث تعمل كغطاء يحجب أشعة الشمس وفي نفس الوقت يمنع تسرب درجة الحرارة مما يجعل مجال التغير فيها صغيراً.
- ٤ - درجة توصيل التربة للحرارة حسب مساحة سطوح التلامس الموجودة بين الحبيبات.
- ٥ - لون التربة حيث يؤثر في امتصاص الحرارة، فكلما كانت التربة أفتح لوناً كلما قل امتصاصها.

٦ - أثر الرياح والسحب، حيث تنخفض الأولى من درجة حرارة التربة الميتة، كما تعمل الثانية على عدم تبديد الحرارة وبذلك تعد الليالي ذات السماء الملبدة بالسحب ليال دافئة.

٧ - تأثير زاوية سقوط الأشعة الشمسية حيث تختلف في الشتاء عنها في الصيف. والجدول التالي (جدول رقم : ١-٧) يبين درجة حرارة التربة على أعماق مختلفة تنحصر بين ٥ سم، ١٠ سم، وهي ما يعتقد أن المجموع الجذرى لمعظم النباتات (في منطقة الدلتا) يمتد على أعيادها.

(جدول رقم : ١-٧)

معدل درجات حرارة التربة لمحطات الأرصاد الزراعية في دلتا النيل

المحطة	المتى (سم)	فصل الربيع	فصل الصيف	فصل الخريف	فصل الشتاء
		سبتمبر - أكتوبر - نوفمبر	ديسمبر - كانون الثاني - شباط	مارس - نيسان - أيار	يونيو - تموز - آب
سغا	٦٠	٢٤,١ ٢١,١ ١٨,٦	٢٦,٧ ٢٨,٨ ٢٩,٧	٢٨,٢ ٢٧,٢ ٢٦,٢	٢٢,٤ ١٧,٩ ١٧,٤
	١١٠	٢٢,٠ ٢٠,٢ ١٨,٩	٢٥,٢ ٢٧,٤ ٢٨,٥	٢٨,٢ ٢٦,٩ ٢٥,٩	٢١,٧ ١٨,٩ ١٨,٤
إفريقيا	٦٠	٢٥,١ ٢١,٠ ١٨,٤	٢٧,٧ ٢٩,٥ ٢٩,٧	٢٨,٩ ٢٧,٢ ٢٦,٢	٢٢,٤ ١٦,٥ ١٦,٠
	١١٠	٢٢,٧ ٢١,٢ ١٩,٢	٢٥,٩ ٢٧,٧ ٢٨,٧	٢٨,٢ ٢٦,٥ ٢٥,٤	٢٢,٤ ١٩,٣ ١٨,٢
الجبينة	٦٠	٢٧,٢ ٢٢,٦ ١٩,٢	٢٩,٥ ٢٦,٨ ٢٦,٤	٢٦,٠ ٢٣,٩ ٢٢,٨	١٧,٤ ١٥,٢ ١٧,٠
	٨٠	٢٤,٤ ٢١,٠ ١٨,٢	٢٦,٤ ٢٩,٥ ٢٧,٠	٢٦,٩ ٢٧,٢ ٢٢,٨	١٩,٠ ١٦,٨ ١٦,٧
	١٠٠	٢٢,٦ ٢٠,٤ ١٨,٦	٢٥,٢ ٢٧,٦ ٢٨,٤	٢٦,٢ ٢٦,٧ ٢٤,١	١٩,٨ ١٨,٥ ١٧,٩
الزقازيق	٥	٢٤,٦ ٢١,١ ١٧,٩	٢٨,٤ ٢٥,٢ ٢٦,٢	٢٦,٦ ٢٣,٦ ١٩,٩	١٥,٢ ١٢,٠ ١٤,٨
	١٠	٢٢,٨ ٢٠,٢ ١٧,٤	٢٦,١ ٢٩,٢ ٢٨,٩	٢٥,٢ ٢٣,٢ ١٩,٢	١٥,٠ ١٢,٨ ١٤,٥
	٢٠	٢١,٠ ١٩,٧ ١٦,٠	٢٦,١ ٢٨,٨ ٢٦,٢	٢٥,٢ ٢٣,٢ ١٨,٩	١٤,٨ ١٢,٧ ١٤,٤
الجيزة	٥	٢٦,٢ ١٩,٧ ١٦,٢	٢٥,١ ٢٦,٨ ٢٣,٢	٢٥,٠ ٢١,٢ ١٧,٢	١٤,٢ ١٢,٠ ١٤,٠
	١٠	١٥,٦ ٢٠,٠ ٢٢,٥	٢٤,٥ ٢٤,١ ٢٦,٥	٢٤,٤ ٢١,١ ١٧,٥	١٤,٢ ١١,٩ ١٢,٥
	٢٠	١٥,٤ ١٩,٠ ٢٢,٨	٢٤,٤ ٢٦,٦ ٢٦,٨	٢٤,٠ ٢٢,١ ١٩,٢	١٥,٢ ١٢,٨ ١٤,٢
	٥٠	١٦,٨ ١٩,٢ ٢٢,٥	٢٤,٥ ٢٦,١ ٢٦,٢	٢٤,٠ ٢٢,٢ ١٩,٢	١٨,٠ ١٥,٢ ١٥,٤
	١٠٠	١٧,٠ ١٨,٩ ٢١,٢	٢٥,٢ ٢٦,٠ ٢٦,١	٢٥,٧ ٢٤,٧ ٢٢,٦	٢٠,٠ ١٦,٥ ١٧,٠

والملاحظ بصفة عامة أن درجة حرارة التربة ترتفع بالتعمق حيث يزيد البعد عن السطح البارد في هذا الفصل، كما أنها ترتفع أيضا في العمق الواحد في الشهور من إبريل حتى سبتمبر. ويمثل العمق ٥٠ سنتيمترا مرحلة إنتقال بين العمقين ٢٠ سنتيمترا، ١٠٠ سنتيمترا (في محطة الجيزة) حيث نجد أن درجة حرارة التربة تنخفض على العمق الأخير في شهور الصيف تبعا لزيادة البعد عن السطح الحار في هذه الشهور.

وفضلا عن هذه الاختلافات الفصلية والشهرية لدرجة حرارة التربة على الأعماق المختلفة فإن درجة حرارة التربة على بعد ٥ سنتيمتراً تقريباً تختلف على طول اليوم، فعلى حين تكون درجة حرارة هذه الطبقة أكثر إنخفاضاً في السادسة صباحاً، ترتفع حرارتها بشكل ملحوظ عند الظهر ثم تميل إلى الإنخفاض عند المساء مرة أخرى حتى تكاد تقترب من درجة حرارة السطح. على أن هذه الاختلافات الجوهرية في درجة حرارة التربة تظهر في الطبقات السطحية فقط، وتقل هذه التغيرات مع التعمق تبعاً لتأخر ظهور الموجات الحرارية في هذه الأعماق. فإذا وصلت النهاية الصغرى لحرارة السطح عند الساعة السابعة صباحاً فإنها تصل إلى عمق ٣٠ سنتيمتراً في الثانية بعد الظهر، وإذا وصلت النهاية العظمى لدرجة الحرارة على السطح الساعة الواحدة ظهراً فإنها تظهر في الساعة الثانية على عمق ٥ سنتيمتراً وفي السادسة على عمق ١٠ سنتيمتراً حتى تصل عند منتصف الليل إلى عمق ٣٠ سنتيمتراً.

وقد تتذبذب درجة الحرارة السطحية للتربة في مدى واسع خلال اليوم. فيوصل حدما الأقصى أحيانا إلى أكثر من ٤٠° مئوية، وتودى مثل هذه الدرجات العالية من الحرارة (وقت الخماسين) إلى تغيرات مهلكة تظهر على سوق النباتات التي غالباً ماتت وبنمت. على أن التربة سواء السطحية أو السفلية، تستجيب ببطء للتغيرات في درجة حرارة الهواء الخارجى. وبذلك تعيش الجذور في وسط أكثر انتظاماً من الوسط الذى يعيش فيه المجموع الخضرى للنبات.

ويقل معدل الإمتصاص النباتى فى بيئة دلتا النيل كلما إنخفضت درجة حرارة التربة، شأنه فى ذلك كشأن سائر العمليات الطبيعه والكيميائية التى تحدث داخل الجذور. إذ أن درجة الحرارة المنخفضة لاتسمح إلا بمعدل إمتصاص محدود. وفى فصل الشتاء، حيث لاتتوافر الظروف الملائمة للنبات من حيث درجة حرارة التربة يقل المعدل الأمثل للإمتصاص، ويؤثر ذلك بالتالى على النتج وعلاقته بتقزم النباتات. وليس أدل على ذلك من الضرر الذى يصيب نبات القمح وغيره من النباتات الشتوية فى باكورة الربيع نتيجة لدفع الجور واشتداد الرياح الخماسينية الحارة فى وقت تكون فيه التربة مازالت باردة، ففى مثل هذه الظروف يزداد النتج على الإمتصاص. ومن المحتمل أن يكون موت النباتات فى الدلتا فى فصل الشتاء ناجما عن جفاف انسجتها أكثر من ما هو ناجم عن تجمدها.

وتساعد الدرجات الملائمة من حرارة التربة فى بيئة دلتا النيل على سرعة انبات البذور واستقرار البادرات. وتختلف النباتات كثيرا من حيث إحتياجاتها لدرجة حرارة التربة اللازمة لانبات بذورها. فالقمح ينمو حتى حد أدنى من درجات الحرارة مقداره ٤، ٤° مئوية، وينمو أحسن ما يكون فى درجة ٢٨، ٨° مئوية (٨٤°ف)، كما أنه يحتاج إلى التعرض لدرجة حرارة منخفضة فترة من الوقت والا أخفق فى تكوين السنبال. بينما

تحتاج الأذرة إلى حرارة حدها الأدنى مقداره ٩,٤ مئوية (٤٩ ف)، والحد الأمثل لنموه يصل إلى ٣٣,٨ مئوية (٩٣ ف)، أى أنها تحتاج إلى تربة درجة حرارتها مرتفعة. ومن ذلك تتبع الحكمة من خف البادرات فى الحقل، وذلك لوصول حرارة كافية لإنتاج غطاء جيد من هذه البادرات. وتتمو الدرنات الصغيرة للبباطس فى التربة بسرعة. عندما تصبح درجة حرارتها ٢٣,٨ مئوية تقريباً (٧٥ ف)، بينما يتأخر نموها عند درجة ١٧,٧ مئوية (٦٤ ف) وارتفاع درجة حرارة التربة فوق ٦٤ مئوية يسبب ضرراً كاملاً للنبات.

وخلاصة القول أنه يمكن التحكم فى درجة حرارة التربة بأن تبقى مواردها المائية عند الحد الأمثل، ويتحقق ذلك بالصرف أو الري، وباستعمال الأساليب الزراعية الصحيحة التى تكفل الحصول على تركيب جيد للتربة، وكذلك بالعمل على وجود قدر كاف من المادة العضوية على الدوام.

(٢) درجة حرارة السطح،

نعنى بدرجة حرارة السطح حرارة الهواء الذى يغلف القشرة الخارجية السطحية للكرة. ولقد لاقت درجة حرارة السطح وارتباطها بانتاج المحاصيل عناية كبيرة نظراً لأنها تعد من العوامل الجوية وأعظمها تأثيراً فى نمو المجموع الخضري للنبات. ويشبه تأثيرها كذلك تأثير الماء فى النبات، فهى تؤثر من قريب أو بعيد على كل وظيفة من الوظائف تقريباً. فكل العمليات الكيميائية اللازمة للتحويل الغذائى تترقب على درجة حرارة السطح حيث يرتفع معدل هذه العمليات بارتفاعها إلى أن يصل إلى درجته المثلى. وإذا ما إنخفضت حتى تصل إلى حد معين أدى هذا الإنخفاض إلى إبطاء عملية النمو، وذلك لأن درجة الحرارة السطحية المنخفضة تعوق إنقسام الخلية فى النبات، كما تزدي إلى تحديد عملية التمثيل الضوئى، وإذا ما إنخفضت عن الحد الأدنى للنمو توقفت عملية التنفس^(١) وتبع ذلك القضاء على النبات.

ويعمل امتصاص الحرارة من الهواء على تنظيم درجة حرارة الأنسجة النباتية بحيث يمنعها من الإنخفاض. وبالرغم من ذلك فإن لهذه القاعدة بعض الشواذ التى تستحق الذكر، فدرجة حرارة النبات، خاصة الساق والأوراق، قد ترتفع عن درجة حرارة الهواء بمقدار يتراوح بين ١٠ مئوية و ١٥ مئوية. وفى حالة التغير الفجائى فى درجة حرارة السطح تكون إستجابة النبات لهذا التغير أبطأ من إستجابة الهواء له، وعلى ذلك تكون درجة حرارته فى وقت أعلى أو أقل من درجة حرارة الهواء، ويرجع ذلك إلى وفرة الماء فى الأنسجة النباتية، وارتفاع حرارته النوعية. وتباطؤ النبات فى الإستجابة لهذا التغير يتناسب مع كتلته وسطحه. وتعد التقلبات الداخلية فى درجة حرارة النبات ذات أهمية كبرى نظراً لعلاقتها ببعض الأمراض مثل لفحة الشمس^(٢).

(١) تعد عملية التنفس من عمليات النبات النشطة التى تنطلق منها الحرارة، ولاتنشط هذه العملية إلا فى درجات الحرارة العالية نسبياً، ويهبط معدلها بانخفاض درجة الحرارة السطحية.

(٢) يصيب هذا المرض معظم المحاصيل الصيفية فى بيئة دلتا النيل.

وفيما يختص بالانبات تؤثر درجة حرارة السطح تأثيرا واضحا على توطن النباتات، كما تؤثر تأثيرا مباشرا في التكاثر. وعلى ذلك فدرجة حرارة النبات ترتبط ارتباطا تاما بالوسط المحيط بها.

درجات حرارة السطح المناسبة وغير المناسبة للنباتات،

يلعب الوسط المحيط دورا هاما في تحديد درجة حرارة الهواء على كل نوع من أنواع النبات. فقد ألف كل نوع معين، ولأجيال لا تحصى، نهايتين محددتين: إحداهما للحرارة القصوى والأخرى للحرارة الدنيا. ودرجات الحرارة خارج نطاق هاتين النهايتين تعمل على إيقاف النشاط النباتي، بينما يتحمل النبات ويعيش خلال المدى الحراري بينهما.

درجة الحرارة القصوى: تختلف درجات الحرارة القصوى التي يتحملها النبات دون أن تترك به أثرا ضارا قد يسبب القضاء عليه، تبعاً لإختلاف الأنواع النباتية. ومثل هذه الدرجات من الحرارة تتصل اتصالا وثيقا في الطبيعة بالاختلافات في العلاقات المائية، مثل الحد المائي الميسور للجذور وتأثير فقد الماء في خفض درجة حرارة الأوراق والساق، بحيث لا يمكن الفصل بين هذه العلاقات المائية وبين التأثيرات الحرارية في درجات الحرارة المرتفعة. ويسبب هذه العلاقات المائية وغيرها من العلاقات يهبط معدل النمو هبوطا سريعا بازدياد الحرارة حتى إذا تجاوزت هذه الدرجة حدا معينا وصل معدل النمو درجة يقضي فيها على النبات.

درجة الحرارة الدنيا: تبلغ درجة الحرارة الدنيا درجة تجمد الماء تقريبا. وتختلف درجات الحرارة الدنيا باختلاف أوقات السنة، كما تختلف أيضا باختلاف الأحوال المتباينة للنبات، والسبب الأساسي لهذا الإختلاف هو كمية الماء يحتويها النبات، فتذبل الأوراق التي تحتوي على كمية كبيرة من الماء حينما تنخفض الحرارة إلى درجة التجمد.

درجة الحرارة المثلى: تسمى درجة الحرارة التي تكون عندهما الوظائف النباتية في أحسن وأمثل حالاتها باسم «درجة الحرارة المثلى»، ويصعب تحديد هذه الدرجات للمعليات الحيوية المختلفة مثل التمثيل الضوئي، وعملية التنفس، وعملية التكاثر، وذلك لأن كل من هذه العمليات يتوقف على مجموعة من العوامل الطبيعية والكيميائية، وعادة لا تتفق العمليات الفسيولوجية المختلفة في درجات حرارتها المثلى، فدرجة الحرارة المثلى لعملية التنفس مثلا أعلى من نظيرتها لعملية تجهيز الغذاء. وعلى ذلك يبدو واضحا أن العوامل البيئية المثلى ومنها درجة حرارة السطح التي عندها تبلغ الوظائف النباتية كلها أحسن حالة لها لا يمكن أن تكون درجة واحدة بل مدى يشغل عدة درجات على الأقل.

وتختلف الإحتياجات الحرارية للنباتات المختلفة فى أطوار الأنبات والنمو والنضج. ومنذ ستين كثيرة قامت محاورات لتحديد مجموع الوحدات الحرارية الفعالة التى تلازم نمو مختلف المحصولات حتى مرحلة النضج. ولما كانت كل درجات الحرارة تحت درجة الحرارة الدنيا ليس لها أى تأثير فى زيادة معدل النمو، كان من الضرورى أولا اختيار مايعرف باسم الصفر النباتى أو صفر النمو zero point of Growth ، أى درجة الحرارة التى فوقها تبدأ عملية النمو. ولما كان الصفر النباتى يختلف باختلاف المحصولات، كما يختلف أيضا، ولحد ما، باختلاف الظروف الأخرى مثل التضاريس الأرضية ودائرة العرض وطول النهار... وغيرها، فقد اقترح بعض الباحثين درجات حرارية مختلفة لهذا الصفر النباتى. ومن هذه الإقتراحات متوسط درجة الحرارة النهارية لليوم الوسط الذى يزرع فيه المحصول، وهذه الدرجة الأخيرة وجد أنها تبلغ حوالى ٢٠,٧° مئوية (٣٧° ف) للقمح، ١٢,٧° مئوية (٥٥° ف) للذرة، ١٦,٦° مئوية (٦٢° ف) للقطن. وصفر النمو لا يختلف إلا قليلا باختلاف المكان، ومهما كان الأمر فإن الأصفار النباتية التى استعملت بكثرة لنمو مختلف المحاصيل هى المحاصيل هى ٦,١° مئوية (٤٣° ف) و ٥,٥° مئوية (٤٢° ف) و ٤,٤° مئوية (٤٠° ف) (١).

(١) هناك ثلاث طرق استعملت لتقدير كمية الحرارة فوق درجة الصفر النباتى ومدى تأثيرها على نمو النباتات: أولا، طريقة الدلائل الأسية: استعملت هذه الطريقة لتقدير كفاية درجة الحرارة لعملية النمو والأساس الذى بنيت عليه هذه الطريقة هو أن البرناتلف الفسيولوجية لعمليات التحول الغذائى ماضى إلا عمليات كيميائية وطبيعية تتبع المبدأ الذى يقرر أن سرعة التفاعل الكيمىالى تنضاعف تقريبا لكل ارتفاع فى درجة الحرارة قدره ١٠ درجة مئوية (٥٠° ف).

فإذا فرض أن معدل النشاط المادى للنبات يساوى الوحدة عندما يبلغ متوسط درجة الحرارة اليومى ٤,٤° م (٤٠° ف) وأن هذا المعدل يتضاعف لكل ارتفاع فى متوسط درجة الحرارة اليومى قدره ١٠° م (٥٠° ف)، فإنه يمكن حساب الأعداد الأسية لكفاية درجة الحرارة. فإذا كان المتوسط اليومى مثلا يساوى ١٤,٤° م (٥٨° ف) بلغ المعدل ٢، وإذا كان المتوسط يساوى ٢٤,٤° م (٧٦° ف) بلغ المعدل ٤ وهكذا. وبالعريض فى القانون:

$$y = \frac{t - 4.4}{10} \text{ (مئوية) أو } y = \frac{t - 40}{18} \text{ (فهرنيتي)}$$

يمكن إيجاد دليل الكافية ي أى درجة من الدرجات ت. فعلا دليل الكفاية لدرجة ٢٤,٤° م يساوى ٣٢ = ٨. ولايصحب الإرتفاع فى درجة الحرارة زيادة فى معدل النمو من أنداها إلى أقصىها. فعلا بدلا من أن يتضاعف نمو نبات القمح عند درجة ٣٧,٧° م (١٠٠° ف) يحدث فى الحقيقة إنخفاض عند درجة ٢٧,٧° م (٨٢° ف)، وعلى ذلك يمكن إيجاد الحرارة المظلى التى فوقها يبدأ معدل النمو فى الانخفاض بعد أن كان متزايدا.

ثانيا، طريقة الدلائل الفسيولوجية، يراعى فى حساب كفاية درجة الحرارة العملية النمو فى النبات

ویمراجعة معدلات درجة حرارة الهواء والنهایات العظمی والصغری لخمس سنوات، تبدأ من يناير ١٩٨٤ حتى ديسمبر ١٩٨٨ يوماً بيوم، ومعدل الفترة من ١٩٦٨ - ١٩٨٨ لمحطات الإسكندرية ودمهور وطنطا والزقازيق والجيزة، تبين أن درجات الحرارة السائدة سواء في نهايتها العظمی أو الصغری تلائم الإحتياجات الحرارية لمعظم النباتات التي تزرع في بيئة دلتا النيل سواء في حاجتها العظمی أو المثلی، كما أنها تكون دائماً وتظل السنة فوق صفر النمو لكل المحاصيل، ويبدو ذلك واضحاً من مقارنة درجات الحرارة (العظمی والصغری) للمحطات السابقة بالجدول التالي:

ومن المقارنة السابقة يمكن أن نقسم المحاصيل السابقة بحسب إحتياجاتها الحرارية إلى:

- ١- محاصيل ثلاثتها درجات الحرارة المنخفضة (15° - 18°) ولا تتحمل درجة حرارة الصيف المرتفعة وهذه المحاصيل متعددة منها القمح والشعير والبطاطس.
- ٢- محاصيل لا تتحمل البرودة وتلائمها درجات الحرارة المرتفعة (أكثر من 20° م) مثل القطن والذرة الشامية والأرز.
- ٣- محاصيل ثلاثتها حدود حرارية واسعة (13° - 30° م) مثل البرسيم والفول.

وإذا كان لدرجة الحرارة المثلی أثرها في نمو المحاصيل فإنه إنخفاضها (بالنسبة لبعض أنواع المحاصيل) يؤخر أو يوقف انبثاقها في مراحل النمو الأولى. فقد تسبب

بطريقة الدلائل الفسيولوجية تأثير درجة الحرارة المثلی على هذه العملية. وعلى ذلك تتميز هذه الطريقة بأن دلائل الكفاية عند القيم المرتفعة أو المنخفضة من درجات الحرارة تساوى صفراً. أما عند الدرجات المعتدلة فإن هذه الدلائل ترتفع باطراد. وأمكن بالتجربة تقدير التغيرات التي تحدث في نمو بادرات الذرة عند درجات الحرارة المرتفعة مع بقائها ثابتة لفترة طويلة. ومن هذه العجائب أمكن حساب دليل الكفاية لكل درجة من درجات الحرارة بين $2,2^{\circ}$ و $47,7^{\circ}$ مئوية (36° - 118° ف). فمثلاً قيمة الدليل عند $2,2^{\circ}$ م (36° ف) يساوى ١٠٠، وعند $4,4^{\circ}$ م (40° ف) هو الوحدة (الصفر النهائي) وعند $14,4^{\circ}$ م (58° ف) هو ١٦٦، وتبلغ قيمة هذا الدليل نهايتها العظمی عند درجة حرارة $31,6^{\circ}$ م (89° ف) ثم تهبط ثانية إلى ١٠٠ عند $47,7^{\circ}$ م (118° ف).

ثالثاً، طريقة الدلائل المتبقية (درجة الحرارة المتجمعة): استعملت طريقة الدلائل المتبقية في الغالبية العظمی من حالات تقدير كفاية درجة الحرارة العملية لنمو النبات، ففي هذه الطريقة تجمع كل متوسطات درجات الحرارة اليومية أثناء حياة المحصول والتي تقع فوق صفر النمو. فهذا الدليل يبلغ $8,3^{\circ}$ م ليوم يبلغ متوسط درجة حرارته $14,4^{\circ}$ م (58° ف). ويظهر أن درجة الحرارة التي تبلغ $10,5^{\circ}$ م (60° ف) اقدر على تشجيع عملية النمو من درجة الحرارة التي تقل عن ذلك.

(Sharaf, Abdel - Aziz, T., 1951, pp. 72 - 80).

الموجات الباردة غناء في اتلاف بعض محاصيل الحقل في هذا الفصل، مثلما حدث في شتاء عام ١٩٦٧ حين إنخفضت درجة الحرارة إنخفاضا غير عادي مما أدى إلى اتلاف محصول القول في الدلتا (١) وإلى جانب ذلك قد يؤثر أيضا إنخفاض درجة الحرارة خلال النصف الأول من شهر مارس نتيجة وصول موجة باردة إلى الدلتا قد تهبط فيها الحرارة إلى قرب درجة الصفر المئوي، على بطء نمو المحاصيل الشتوية .

وفيما يختص بالانبات، تؤثر درجة حرارة السطح في ذلك تأثيرا مباشرا، فدرجات الحرارة المرتفعة أقدر على تشجيع عملية الانبات، واختصار مدتها من درجات الحرارة المنخفضة. ويرجع ذلك إلى زيادة الاحتياجات الحرارية للنبات من الوحدات الحرارية المتجمعة فوق صفر النمو في حالة انخفاض درجة الحرارة . والجدول الآتي يوضح العلاقة بين درجة الحرارة ومدة الانبات لبعض المحاصيل .

(جدول رقم ٢-٧)

درجات الحرارة القصوي والدنيا والمثلي
لاهم المحصولات التي تزرع في دلتا النيل

المحصول	درجات الحرارة المئوية			المحصول	درجات الحرارة المئوية		
	القصوي	الدنيا	المثلي		القصوي	الدنيا	المثلي
القمح	٢٠ - ٢٢	٢ - ٤,٥	٢٥	الذرة الشامية	٢٥	٢٠ - ٢٢	٢٥ - ٢٧
الشعير	٢٨ - ٣٠	٤ - ٥	٢٠	الذرة الرفيعة	٢٠	١٠ - ٨	٢٥ - ٢٧
الكثان	٢٠	٢ - ٥	٢٥	الطماطم	٢٥	٢ - ١٨	٢٤ - ٢١,١
البرسيم	١٧	١	٢٠	البطيخ	٢٠	٢ - ١٨	٢٤ - ٢١,١
القطن	٢٨ - ٢٩	١٥ - ١٦	٢٤ - ٢٦	البسلة	٢٥	١ - ٢	٢٠
الأرز	٢٦ - ٢٨	١٠ - ١٢	٢٢ - ٢٣	الموالح	٢٩	١٢ - ١٨	٢٥ - ٢٢

(١) انخفض محصول القول في عام ١٩٦٧ عن العام السابق له، فبينما كانت جملة المحصول عام ١٩٦٦ = ٨,١٤٣١ أرباب (٥,٢٢ أرباب للندن)، هبطت إلى ٣,١٣٣٢٤ أرباب عام ١٩٦٧ (٧,٨٤ أرباب للندن)، وذلك على الرغم من شغل الفرق بين المساحات المنزوعة في هذين العامين بالكلية (١٥٩٦٧٠ فدان عام ١٩٦٦، ١١٠١٧٨ فدان ١٩٦٧).
وزارة الزراعة : مصلحة الاقتصاد الزراعي والاحصاء (نشرة الاقتصاد الزراعي: يوليو ٦٨ و ١٩٦٩).

(جدول رقم ٢٠ - ٧)

العلاقة بين درجة الحرارة ومدة الانبات (باليوم)
لبعض المحاصيل في دلتا النيل

المحصول	١٠م	١١م	١٦م	١٩م	المحصول	١٠م	١١م	١٦م	١٩م
القمح	٦	٣	٢	١,٧٥	الذرة	٧	٦,٥	٤,٧٥	٤,٢٥
الشعير	٦	٣	٢	١,٧٥	البرسيم	٦	٣,٧٥	٢,٧٥	٢
الكتان	٨	٤,٥	٢	٢	الذرة الشامية	-	١١,٢٥	٣,٢٥	٢

وتختلف المحاصيل والخضر والفاكهة في درجة تحملها لدرجة حرارة السطح في بيئة دلتا النيل، فنبات القطن مثلا يعد من المحاصيل الشديدة الحساسية للحرارة، فقد تتأخر زراعته نتيجة لأن درجة الحرارة لا ترتفع في شهر فبراير. وقد وجد الأخصائيون بقسم تربية النباتات بوزارة الزراعة أن درجة ١٢° مئوية تعد أقل درجة تناسب نموه، وأن درجة ٣٩° مئوية أعلى درجة يتحملها، وأن استمرار هذه الدرجة ولو بضع دقائق يوقف نمو الشجيرات وتأخذ الأزهار في السقوط كما يذبل اللوز ويجف، بينما يستطيع النبات أن يتحمل درجة ٣٥° مئوية لبضع ساعات دون أن يصاب بالضرر، ولكن وجد أن ارتفاع درجة الحرارة ارتفاعا كبيرا في فصل الربيع وبداية الصيف (يصل إلى أكثر من ٤٥° مئوية) بسبب هبوب رياح الخماسين التي تغزو الدلتا بين الحين والحين يؤدي في كثير من الأحيان إلى ذبول النبات وخصوصا إذا كان صغيرا، وسقوط اللوز مما يسبب للنمو حين تتراوح درجة الحرارة بين ٢٤° و ٢٦° مئوية.

وقد تختلف ظروف الطقس التي تسود جو حقل القطن والتي تحيط بالنبات كثيرا عن ظروف الطقس بعيدا عنه، فتتخفض درجة الحرارة مثلا في ليالي الصيف في جود الحقل - حين لا تتكاثر المسحب ويكون الهواء ساكنا - بنحو ٥,٥° م عن درجة الحرارة التي يقيسها الترمومتر بعيدا عن الحقل، ومع ذلك فإن وجود بعض الغيوم القليلة كثيرا ما يقلل من فقدان الجو لحرارته في الوسط المحيط بالنبات مباشرة. كما أن احتفاظ النبات ببعض الرطوبة من شأنه أن يمكنه من الإحساس بالدفء بسرعة حين ترتفع درجة حرارة السطح.

ودلت الأبحاث الزراعية على أن لدرجة حرارة شهر يوليو تأثيراً في إنتخاب الأصلح من التقاوي انتخاباً طبيعياً، وأن لها تأثيراً في تركيز المواد المخزنة في البذور. على أن هذا التأثير في جودة التقاوي يتزايد بازدياد الحرارة إلى درجة $27,7^{\circ}$ مئوية، فإذا زادت عن ذلك انعكس التأثير فكان ضاراً وأدى إلى نقص المحصول في السنة التالية. وينتج عن ذلك وجود علاقة بين حرارة شهر يوليو ومحصول القطن الناتج من البذور التي تأثرت بحرارة هذا الشهر ويعبارة أخرى يتأثر محصول القطن في أى سنة من السنين بحرارة شهر يوليو في السنة التي قبلها.

وتبعاً لشدة حساسية القطن لظروف المناخ التي تختلف بين عام وآخر يتغير محصول الفدان منه كثيراً، إذ تؤثر هذه الظروف بطريقة غير مباشرة في مدى إستفادة النبات من تسميده، والواقع أن فتك الحشرات والآفات التي تصيب القطن بأضرار أشد كثيراً من تقلبات الطقس بدلتا الليل، ولأن هذه الحشرات والآفات يزداد أو يقل تأثيرها على نبات القطن في ظل ظروف مناخية معينة. فقد يشتد نشاط دودة ورق القطن ويتزايد تكاثرها في أواخر شهر مايو وأوائل شهر يونيو حيث تكون درجة الحرارة ملائمة لازدياد نشاطها، واستمر فترة النمو الخضري في هذه الأوقات يعرض النبات لهجوم الدودة الشديدة التي تقضى على الأوراق، ومن ثم فتتك بالمحصول وتصبح الخسارة فادحة. كما حدث في عام ١٩٦١. أما إذا تم النمو الخضري وابتدأ ظهور الأزهار قبل شهر مايو فإن الأوراق تكون قد حولت مابها من غذاء إلى براعم وأزهار، وتصبح إصابة الأوراق بدودة الورق غير شديدة فتقل الخسائر مما يجعل المحصول جيداً، ولكي يتوفر ذلك يجب أن نوضع البذور في التربة خلال الأسابيع الأولى من شهر فبراير.

وهناك آفة أخرى سببها أشد أثراً إذ فتتك بمحصول القطن وقد قرب على النضج وهي دودة اللوز، ويزداد نشاطها وتكاثرها بارتفاع درجة الحرارة خلال النصف الأخير من شهر يوليو وشهر أغسطس، فهي تعوق نمو الثمرة وبذلك لا ينتج القطن عند جفاف اللوزة وتفتحها. وقد اقترح تقديم ميعاد زراعة القطن في الدلتا إلى شهرى أكتوبر ونوفمبر بدلاً من زراعته في شهرى فبراير ومارس حتى يتفادى المحصول خطر هذه الحشرة، إذ أن النضج سيتم، في هذه الحالة في شهرى أبريل ومايو.

وتعد الخضر في دلتا النيل من النباتات التي لا تتحمل الفرق الكبير بين حرارة النهار وحرارة الليل (المدى الحرارى اليومي). فمثلاً نجد أن أنسب حرارة للبادنجان تتراوح بين 27° و 32° مئوية. والليالي الباردة تعطل نموه وتقلل محصوله، فهو لا يتحمل فرقاً كبيراً بين درجة حرارة الليل والنهار.

الكرونب : يحتاج لدرجة حرارة تتراوح بين ١٥,٥ - ٢١ ° مئوية ويبطئ نموه عندما يرتفع المتوسط اليومي إلى أكثر من ٢٢ ° مئوية، كما تهلكه التغيرات المفاجئة لدرجة الحرارة اليومية وتقل بذلك كمية محصوله. وليس هناك نبات من نباتات الخضر له مثل العلاقة الوطيدة بدرجة الحرارة كنبات البطاطس، إذ يبلغ إنتاجها أقصاه في درجات الحرارة التي تنخفض عن ٢١ ° مئوية (بالنسبة للعروة الصيفية). وارتفاع الحرارة فوق ذلك يؤدي إلى زيادة النمو الخضري للنبات دون تكوين درنات كبيرة الحجم.

التقييط يلانمه الجو المعتدل الحرارة ولا يكون الفرق فيه كبيرا بين حرار النهار والليل.. والبصل يحتاج بصفة خاصة لدرجات حرارة منخفضة (١٠ - ١٥,٥ ° مئوية) أثناء مراحل نموه الأولى، كما يبدأ في النمو الخضري في درجة حرارة تتراوح بين ١٥,٥ ° و ٢١ ° مئوية. أما أثناء مرحلة النضج وتكوين الدرنات فتتزمه درجة حرارة مرتفعة تصل إلى أكثر من ٢٦ ° مئوية.

أما الثوم فيوافقه الجو المعتدل الحرارة مع ميل إلى البرودة على ألا يكون الفوق بين حرارة النهار والليل كبيرا، إذا أنه يحتمل شدة الحرارة ولا البرودة الشديدة.

وتتمو الطماطم في أي وقت من السنة ولكن بشرط ألا ترتفع درجة الحرارة إلى أكثر من ٢٦ ° مئوية حيث يؤدي ذلك إلى عدم إعطاء الثمار الحجم واللون المثالي لها. ولكنها تنمو أحسن مايمكن عند درجة حرارة تتراوح بين ٢١ - ٢٤ ° مئوية، وقد تنمو كذلك في درجات حرارة بين ١٨,٠ - ٢١ ° مئوية فهي إذن تتطلب جوا دافئا ولا تحتمل البرودة وخاصة في عروتها الشتوية. ومراجعة النهاية العظمى لدرجات الحرارة في شهور الشتاء في دلتا النيل لوحظ أنها تقل بالفعل عن الاحتياج الحراري للطماطم، لذا كان لابد من تدفئتها أو كبريتها خاصة في فترة نضج وتلوين الثمار. والعُص يفيده الجو المعتدل المائل إلى البرودة، ويضيره تقلب الجو من حر إلى برد كما يضره كبر المدى الحراري اليومي، إذ أن ارتفاع درجة حرارة النهار تزيد من مرارته.

والشمام يوجد في الجو الحار على أن تكون الليالي دافئة، ولا تنخفض درجة الحرارة عند زراعته عن ١٠ ° مئوية على الأكثر، ولكنه يحتاج إلى درجة حرارة مرتفعة وقت النضج تزيد عن ٢١ ° مئوية.

والحقيقة أن المدى الحراري اليومي في الدلتا ليس كبيرا بالدرجة التي يتعرض معها النبات لظروف حرارية شديدة التباين مما ينتج عنه أرياك وتعقيد العمليات الفسيولوجية والكيميائية والحيوية المتعلقة بانبات ونمو ونضج النبات (١). إذ أن تذبذب الحرارة

(١) بالرجوع إلى درجات الحرارة اليومية (لنلا ونهارا) وجد الباحث أن المدى الحراري اليومي لايزيد في كل أرجاء دلتا النيل عن ٦ درجات مئوية بل إنه يقل عن ذلك في معظم شهور السنة فيما عدا شهور الشتاء.

الواضح بـ : النهار والليل ويساعد على حدوث الحنطة فى النبات ، تماما كما يحدث فى حالة التجوية الميكانيكية فى الصخور .

(٣) الرطوبة:

تعد الرطوبة من أعظم العناصر المناخية أهمية للنبات حيث أنها تؤثر مباشرة فى معدل عملية النتج، فغالبا ما يتحدد نمو النبات أو عدم نموه فى بيئة معينة بكمية الماء التى يفقدها، وتأتى الرطوبة بعد الحرارة من حيث أهميتها، وترتبط فى تأثيرها على النبات. فإخفاض حرارة الهواء مع إرتفاع الرطوبة يقلل من الأثر الضار للبرودة، أما نقص وزيادة الرطوبة طرديا مع إنخفاض وإرتفاع الحرارة فيؤثر تأثيرا سلبا وضارا على النباتات وخاصة فى طور الأزهار والأثمار.

ومن أهم ما استنتجناه من النسب المئوية للرطوبة الجوية فى دلتا النيل هو إرتفاع درجة الرطوبة فى الشهور التى تنخفض فيها درجة الحرارة (نوفمبر وديسمبر، ثم يناير وفبراير) وذلك من شأنه أن يعمل على تقليل الأثر الضار لإنخفاض الحرارة فى الشتاء. كما لوحظ كذلك أن أقل نسبة للرطوبة تكون فى مايو ويونيو حيث ترتفع الحرارة. وتعتبر فترات الرطوبة المنخفضة هذه من الفترات التى يصعب على النبات تحملها. فهى قد تقع فى أوقات ينخفض عنها المستوى المائى أيضا، وقد تبقى بعض أنواع من النباتات فى حالة سكون فى هذه الأوقات. ولقد حبت الطبيعة بيئة دلتا النيل بمياه النيل التى تجرى فى الترع فى مثل هذه الفترات حيث تكون النباتات فى بداية نموها وأحوج ما تكون إلى الماء لتعرض بذلك للنقص فى الرطوبة اللازمة لنموها.

ويعمل الغطاء النباتى والمجارى المائية على زيادة الرطوبة النسبية طول العام تقريبا فى وسط دلتا النيل. ويرجع السبب فى ذلك إلى أن هذا الغطاء من النباتات يمد الهواء ببخار الماء الذى ينطلق عن طريق النتج. ولما كان الماء يتبخر من المجارى المائية بكمية كبيرة فإن الرطوبة النسبية بين اللبالات و فوقها مباشرة تزيد عن نظيرتها فوق التربة القاحلة الجافة. وبالإضافة إلى ذلك فإن الأوراق التى يحملها النوع الواحد من النباتات تختلف فى تركيبها، ويشير هذا الاختلاف إلى أن أعلى هذه الأوراق أكثرها تحملا للجفاف، وهذه الاختلافات موجودة فى معظم النباتات الطويلة مثل الذرة.

وفيما يلى أمثلة لتأثير الرطوبة على النباتات فى دلتا النيل: وجد أن القمح يتأثر بزيادة الرطوبة فى نهاية فبراير وأوائل مارس إذ يصاب بالصدأ الأحمر الذى يؤثر كثيرا فى محصوله، على حين تعد هذه الزيادة فى الرطوبة ذات فائدة فى بداية طور النمر النباتى، إذ أنها تغنى عن الري الكثير الذى تحتاجه بعض المحاصيل فى بداية نموها مثل

نبات القطن. ويكون للرطوبة، كما سبق أن ذكرنا، أثرها الضار إذا افترنت بالحرارة المرتفعة مما يعد مهدا صالحا لنمو الحشرات مثل دودة ورق القطن وديدان اللوز. ويكون أنصب وقت يشتد فيه فتك الحشرة الأولى في شهر مايو أما الثانية فيبدأ خطرهما مع ظهور لوزات القطن في أغسطس وسبتمبر حيث تعمل الرطوبة على عدم الاسراع في اتمام نضج اللوز. كذلك تساعد زيادة الرطوبة في أشهر أغسطس على إنتشار الندوة البيضاء بالنسبة للذرة التى تزرع فى الموسم الصيفى المتأخر (الذيلية)، وبالتالي فهى تقلل من نمو النباتات وتشل كثيرا من عيادانه. وهنا يمكن أن يظهر الفرق واضحا بين إنتاجية الذرة الصيفية والذرة الصيفية المتأخرة (الذيلية)، إذ يتضاعف محصول الأولى بينما يقل محصول الثانية بشكل واضح، وذلك لأن زيادة الرطوبة تؤدي إلى قلة تكوين الحبوب. ويحتاج الأرز فى أطوار نموه الأولى إلى رطوبة معتدلة، هذا بينما نجد أن الرطوبة توافق جودة ألياف الكتان أما الجفاف فيوافق جودة البذور.

وتعد الفاصوليا من النباتات الحساسة جدا للرطوبة. فتتخفص نسبة انباتها إذا كانت نسبة الرطوبة مرتفعة، كما يؤدي ارتفاع الرطوبة إلى اصفرار الأوراق وقلة المحصول.

وكذلك الطماطم، تساعد زيادة الرطوبة بالجور مع افترانها بارتفاع درجة الحرارة، على إصابتها بالأمراض الفطرية، بينما تسقط أزهارها إذا انخفضت نسبة الرطوبة. والكوسة، أيضا، تساعد زيادة الرطوبة على إصابتها بالأمراض الفطرية.

ويألمثل يتعرض البطيخ للإصابة بالفطريات بسبب ارتفاع الرطوبة، أما قلة الرطوبة فتجعل ثمار الشمام معتلة حلو المذاق.

(٤) طول النهار ومدة سطوع الشمس؛

على الرغم من كونهما عاملان مرتبطان ببعضهما إلا أن درجة الإرتباط بينهما ليست تامة. أفقد يكون النهار قصيرا أو طويلا والشمس غير ساطعة لساعات معلومة. فنهار طويل مليد بالخوم يعنى أن درجة سطوع الشمس أقل مايمكن، بينما نهار قصير بدون سحب يدل على زيادة ساعات شروق الشمس أو يعنى درجة سطوع أكبر.

ومما تجدر الإشارة إليه أن طول النهار يرتبط فى تأثيره على النبات بدرجة حرارة السطح ونسبة الرطوبة. ويظهر تأثيره واضحا فى تحديد طول فترة النمو الخضري وموعد الأزهار والنضج، كما يظهر تأثيره فى عدة مظاهر رئيسية أهمها:

١- عملية التمثيل الكلوروفيلى.

٢- تغذية سيقان النبات، ويظهر ذلك واضحا فى الفرق بين نباتى الذرة والدراسة التى

تزرع بغزار ٦، فتؤدى غزارة الأوراق إلى احتجاب انضواء عن السيقان فتظهر ضعيفة صفراء.

٣- يعزى فشل ونجاح أقلمة بعض أصناف المحاصيل لدرجات حرارة معينة لفعل الضوء. (١)

ويعد طول النهار ومدة سطوع الشمس في بيئة دلنا الليل عاملا أساسيا في الحياة النباتية (٢). بل يعد كلاهما في أهمية عاملي التربة والماء. فمثلا طول النهار يعد عاملا أساسيا في تنظيم الدورة الزراعية بالنسبة لكثير من الحاصلات. فالمزارع في دلنا الليل يهتم بالحصول على أكبر إنتاج ممكن من المحصول، ولذلك تبدو معرفته للميعاد الملائم حتى تتواءم المحاصيل مع الظروف الضوئية العادية في أطوار حياتها المختلفة، وخاصة في طور الأزهار، ومن ثم ينعكس تأثير الضوء على زراعة بعض أصناف معينة من المحاصيل في بيئة دلنا الليل دون غيرها. فمثلا نجد في مواسم زراعية معينة أن الأرز العري والنهضة يزرعان في الموسم الصيفي، في حين يزرع الأرز الأمريكي في الموسم الصيفي المتأخر (الليلي). أما إذا حدث العكس فإن الأرز العري يتأخر في الأزهار وقد لا يعطى إنتاجية على الإطلاق. وهناك بعض المحاصيل التي تحتاج إلى ضوء قوى وساعات سطوع أكبر:

الفصيح والقطن والذرة (الشامية والرفيعة) تناسبها زيادة ساعات ضوء الشمس، وذلك لأنها تستجيب للضوء فيزيداد محصولها إلى حد معين بزيادة كمية الضوء الساقطة عليها أثناء نموها. وتعد الخضر من النباتات الشديدة الحساسية بالنسبة لهذا العامل، فقد يحدث لعروات بعض أصناف السبانخ المتأخرة التي يصاحبها النهار الطويل عدد بداية الربيع فتخرج حاملها الزهرى وتصبح بذلك غير قابلة للتسويق. ومثل ذلك يحدث للببطايس عند زراعتها في موعد مبكر عن موعدها المناسب إذ تستطيل سيقانها ويزداد نموها الخضري ولا تكون درنات بالغة، وقد تبين أن الدرنات التي تتكون في طقس نهاره قصير تكون ملساء حسة الشكل. ومن أصناف البصل ما لا ينتج أبصالا كبيرة إلا إذا كانت فترة النهار طويلة مثل البصل الطلياني والبصل البحيري حيث تنجح زراعتهما في الربيع، ومنهما ما يكون أبصالا كبيرة متى كانت فترة النهار قصيرة مثل البصل

(١) كان يظن أن للحرارة تأثير كبيرا في تكوين الأزهار والثمار وليس للضوء مثل هذا التأثير، ولكن اتضح أخيرا أن الحرارة ليست العامل الفعال في هذا التكوين.

(٢) لاحظنا أن مدة سطوع الشمس الفعلية في دلنا الليل تصل إلى ١٢ ساعة في شهرى يونيو ويوليو، كما أن المتوسط الشهري يزيد دائما عن ٦ ساعات ويصل إلى أكثر من ١٠ ساعات في الفترة من أبريل حتى سبتمبر. أما أقل درجة -طوع فتقع في الفترة من نوفمبر إلى فبراير. على أن درجة سطوع الشمس ترتبط بكمية السحب طول ساعات النهار والملافة بينهما عكسية كما هو معروف.

الصعيدي فتنجح زراعته في الخريف، وبالنسبة للطماطم نجد أن ضوء الشمس المباشر يساعد على زيادة ماتحتويه من فيتامين ج. أما الكرفس والكوسة فيتطلب نموها وفرة ضوء الشمس، كما يحتاج البطيخ كذلك شمس مشرقة لشرقة حرارتها مرتفعة.

(5) الرياح،

للرياح آثارها عن النباتات، شأنها في ذلك شأن العناصر المناخية الأخرى. إذ أنها تسبب تلفا كبيرا للمحاصيل إذا كانت شديدة وغالبا ماينحصر هذا التلف في كسر الفروع والأغصان الغضة، وقد تتمزق الأوراق كما في القمح والذرة من جراء ضربها بحركة الهواء الشديدة. ولما كانت سرعة الرياح تزيد بالإرتفاع عن سطح الأرض فإن الأشجار تتعرض لتأثيرات كثيرة وبخاصة تأثيرات الجفاف بسبب تجديد الهواء بواسطة الرياح ولا تتأثر النباتات القصيرة والمبطحة كثيرا بالرياح. لكن استمرار هبوب الرياح يسبب انحناءات وتشوهات للنباتات الطويلة التي تصطدم بها بحيث أن الجزء الأكبر من هامات هذه النباتات (كالذرة) يميل في إتجاه حركة الهواء.

ومن أمثلة تأثير الرياح على النباتات التي تزرع في بيئة دلتا النيل مايصيب نبات القطن من ضرر وقت الانبات بسبب سرعة الرياح، وإذا اشتدت هذه السرعة وقت لاجمع فإنها تسقط اللوز المفتوح على الأرض فنقل رتبته نتيجة تحمله بالأتربة وبقياء أوراق النبات الجافة. كما أن الرياح تضر بالفول وقت التزهير خصوصا إذا كانت أرضه مريوة. وكذلك تتأثر الذرة بالرياح الشديدة عقب هبوبها حيث تسقط النباتات المحملة بالكيزان فتتلف، وللرياح آثار سيئة وضارة على الضاكمة. فالعطب مثلا تنكسر أفرعه الحديثة وتسقط أزهاره فيقل محصوله بسبب اشتداد سرعة الرياح.

ولتأثير الرياح على النباتات في بيئة دلتا النيل وجه آخر من حيث كمية الرطوبة التي يحملها الهواء المتحرك. فتأثير الرياح الجافة في الشتاء، خصوصا في أواخر هذا الفصل بحيث يصبح الهواء دافئا في الوقت الذي فيه لاتزال التربة باردة، غالبا مايسبب موتا لكثير من النباتات الشتوية كالقمح مثلا. وكثيرا ماتسبب رياح الخماسين الساخنة الجافة أضرار بالغة بالمحاصيل وخصوصا النامية منها. وذلك لأنها تعمل على فقدان الماء من هذه المحاصيل بكميات مفرطة. فقد ينضج القمح والمحاصيل الشتوية الأخرى قبل أوانها فننخفض غلتها انخفاضاً كبيراً، لأنه في هذه الحالة تكون درجة الحرارة مرتفعة والرطوبة النسبية منخفضة جدا. كما تؤثر رياح الخماسين التي تسوق الغبار والرمل تأثيرا واضحا في النباتات من جراء احتكاكها فتتلف النباتات نتيجة عمليتي التآكل والترسيب. وغالبا مايبلغ التلف حدا كبيرا فنقصف الرياح الغمار والبراعم الزهرية لأشجار

معظم حدائق الفاكهة، وخاصة الموالح. كما أنها إذا هبت رقت نضج ثمار بعض أنواع الفاكهة كالموالح والعنب مثلا فإنها تمنع حبات هذه الفاكهة من أن تصل إلى حجمها الطبيعي.

وحيث أن فترة هبوب رياح الخماسين هي فترة تكوين الحبوب بالنسبة للقمح والكتان فإن استمرارها مدة طويلة يتسبب عنه ضمور سنابل القمح وبالتالي يقل حجم الحبوب، كما تتلف الياف الكتان وتبعاً لذلك تتناقص غلة المحصول. وتسبب الرياح الخماسينية أيضاً ذبول الأقدام والمياسم (الشرابة والشوشة) في نباتات الأذرة وتصبح غير صالحة للتفليح فلا تتكون الحبوب.

وتعد الرياح بصفة عامة من بين العوامل الهامة في توزيع الأعشاب الدخيلة وأنواع الفطريات التي تسبب الأمراض مثل صدأ القمح ولفحة الأرز، كما أنها تمنع الحشرات من أداء وظيفتها بين الأزهار. وقد يكون للرياح تأثيراً نافعا على جفاف التربة في فصل الربيع، كما أنها تعمل على اختلاط الهواء البارد بالهواء الدافئ، وبذلك تمنع أحيانا التلف الذي ينشأ عن الصقيع في الليالي الباردة الصافية.

وقد أمكن أخيراً تغيير حركة الهواء وتعديل مساره بطرق عديدة مثل مصدات الرياح أو مصدات الوقاية التي اتجهت إليها الأنظار من زمن بعيد كوسيلة تقى النباتات من الأضرار المخزية التي تسببها الرياح الشديدة والأثرية، وخاصة بالنسبة لأشجار الفاكهة والخضروات المنزوعة في الحدائق والبساتين والتي لها أهمية اقتصادية كبيرة. ولقد اهتدى الفكر إلى زراعة حزام على هيئة صفوف متوازية من الأشجار والشجيرات القريبة من بعضها لصد غوائل الرياح الشديدة والرمال والأثرية عن المحاصيل وحمايتها من آثارها المدمرة. ويكون اتجاه مصدات الوقاية هذه عادة عمودياً على الاتجاه السائد للرياح. وتظهر مثل هذه المصدات بكثرة حيث تنوطن رراعة الحدائق وحول الأراضي الزراعية القريبة من الصحراء على هوامش الدلتا الغربية والشرقية.

وبالرغم من أن التأثير المطبق للرياح على النباتات قد عرف منذ مدة طويلة، إلا أنه لا يوجد غير النذر اليسير من القياسات الكمية في هذا الشأن فقد وجد مثلاً أن سرعات الرياح المتواصلة التي تبلغ ٤,٤ متر في الثانية (١٦ كينر متر في الساعة) و ٦,٦ متر في الثانية (٢٤ كيل متر في الثانية) تؤثر في عملية النتج من أوراق النباتات التي تنمو في تربة تحتفظ بمستواها المثالي من المحتوى المائي، فيزداد معدل النتج بزيادة سرعة الرياح وعلى جوانب النباتات التي تواجهها بمقدار ٣٠:٢٠ كما وجد أيضاً أن مساحة الأوراق وارتفاع النبات وقطر الساق تنقص بزيادة سرعة الرياح.

وبمراجعة سرعة الرياح فى السنوات الخمس التى تبدأ من يناير ١٩٨٤ إلى ديسمبر ١٩٨٨ يوما بيوم، اتضح أن أكبر سرعة للرياح هى ٤,٩ متر فى الثانية وأقل سرعة هى ٠,٨ متر فى الثانية، وعلى ذلك يمكن القول أن تأثير الرياح فى بيئة دلتا النيل فى مجموعة العوامل ذات التأثير المباشر بسيط نوعا فى تكاد تشابه المطر من حيث أن تأثيرهما فى الإستغلال الزراعى ليس تأثيراً مباشراً.

ولما كانت كمية المياه المتبخرة تزداد بازدياد سرعة الرياح، لذا فإن الحاجة إلى الماء أيضاً تزداد بهدف تعويض الفاقد. ويكون تأثير الرياح أشد كلما كانت أكثر حرارة. ويمكن أن تساعد الرياح القوية على نشاط الحشرات أثناء فترة تلقيح النبات، كما أنها تقوم بصورة مباشرة بنقل حبوب اللقاح والبذور بما فيها بذور النباتات غير المرغوبة كالأعشاب الضارة. والتربة الريحية للتربة لها أهمية كبرى فى بعض مناطق العالم، حيث يفتتت الجزء العلوى الجاف من التربة إلى جزئيات دقيقة تنقله الرياح من مكانه على شكل سحب كثيفة من الغبار الذى يترسب فى مناطق بعيدة عن مصدره، وهذا له أثر مزدوج؛ فالتربة المعراة أصبحت خطراً على الحاصلات الزراعية، كما أن التربة المترسبة قد تطمس النباتات المنخفضة بما يؤثر على تطورها. وهناك بعض المحاصيل التى تعاني من التقشر نتيجة تلقيها ضربات الجزئيات الصلبة المحمولة بالهواء مما يودى إلى تلف المحصول أو إنقاص قيمته الاقتصادية. وفى بعض المناطق البحرية فإن الملح المحمول بالهواء قد يسبب تخريب النباتات إذا كان مركزاً بشكل كاف. وبالإضافة إلى ذلك فإن الرياح تقلل من خطر الصقيع الإشعاعى لأنها تمزج طبقة الهواء الباردة القريبة من سطح الأرض مع طبقة الهواء العليا الدافئة.

(٦) المطر

بيئة دلتا النيل جزء من إقليم صحراوى وشبه صحراوى لاتعتمد الزراعة فيها على الأمطار وإنما على مياه الري من الترع التى تأخذ مياهها من فرعى الدلتا وعلى ذلك فقيمة المطر كعامل مؤثر فى الزراعة معدومة إلى حد كبير فلا يمكن مثلاً مقارنة آثاره بآثار العوامل الجوية الأخرى، بل لعله لندرتة فى معظم شهور السنة أقل العناصر المناخية تأثيراً فى إستغلال الأرض.

وبمراجعة معدلات كمية الأمطار الساقطة فى هذه المنطقة نجد أنها تتراوح بين ١٩٢,٢١ ملميمترا فى السنة يسقط أكثر من نصفها شهرى ديسمبر ويناير. وأكبر كمية أمطار سجلتها محطات دلتا النيل فى الخمس وثلاثين سنة المنتهية فى ديسمبر ١٩٨٠، كانت بالنسبة للشهر ١٥٩ ملميمتر سجلتها محطة الاسكندرية فى شهر ديسمبر ١٩٦٩ و

١٠٣ ملليمترًا في دمنهور في يناير ١٩٦٥ و ٦٠ ملليمتر في طنطا في يناير ١٩٧٥ و ٦٦ ملليمترًا بالزقازيق في فبراير ١٩٧٦ و ١٥٢ ملليمترًا سقطت على قناطر الدلتا في ديسمبر ١٩٥٠.

ومراجعة معدل الأيام التي سقطت فيها الأمطار في الفترة المشار إليها أيضا، اتضح أنها تتراوح بين ١٠ و ٤٧ يوما (بالنسبة لكمية المطر أكثر من ٠,١ ملليمتر في اليوم) وبين ٥ و ٣١ يوما (بالنسبة لكمية الأمطار أكثر من ١,٠ ملليمتر في اليوم).

ونظرا لأن سقوط الأمطار يتركز في النصف الشتوي من السنة (أكتوبر - أبريل) فإن لها بعض الفائدة، ولو أنها محدودة، إذ تعد في بعض الأحيان عاملا مساعدا في سد كفاية بعض المزروعات، وخاصة الخضرة، في شهور السنة الشتوية، ولكن على الرغم من ذلك فإن سقوطها أو عدمه لا يؤثر كثيرا في زيادة أو نقصان غلة الحبوب.

وكيفما كان الأمر فإن قلة كمية المطر وعدم استمراره وصغر موسم سقوطه، لم يفتح الفرصة للمزارع المصري من قديم الزمان في استغلاله في الزراعة.

(٧) الصقيع والبرد:

يظهر الصقيع مبكرا في فصل الخريف نتيجة الإنخفاض السريع المفاجيء الذي يهبط بدرجة الحرارة إلى درجة التجمد تقريبا وخطوبوصا في الليالي الصافية. ويؤدي ذلك إلى وقف نمو النباتات، كما يعمل على سقوط الأوراق، وينتج عن هذا نضوج غير كاف للمحاصيل. أما صقيع الشتاء فيظهر أثره خلال الأسابيع الأولى من نمو النباتات.

ومراجعة درجات النهاية الصغرى لحرارة الهواء ودرجة الحرارة في حقل الحشائش يوما بيوم خلال أشهر الشتاء وجد أن الفرق بين الدرجتين كان كالاتي:

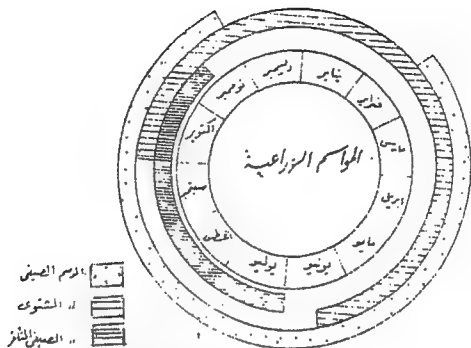
المحطة	متوسط الفرق (منوية)	أكبر قيمة للفرق (منوية)
ادفينا	٠,٤	٠,٨
سقا	١,٥	٥,١
الزقازيق	١,٩	٥,٢
الجيزة	٣,٠٠	٥,٤

وواضح أن الفرق بين درجتى حرارة النهاية الصغرى للهواء وعند مستوى الحشائش يزداد كلما بعدنا عن ساحل البحر وتوغلنا فى الداخل، خصوصا إذا تذكرنا زيادة الإشعاع المنبعث ليلا من التربة، وقلّة السحب تدريجيا. كلما اتجهنا جنوبا، حيث يربو متوسط هذا الفرق فى جنوب الدلتا على ٣ درجات مئوية، بينما يقل هذا المتوسط فى شمالها إلى أقل من نصف درجة مئوية، ونتيجة لذلك اتضح أن أبعد جهات الدلتا فى فصل الشتاء هى المنطقة الوسطى منها التى تمتد من طنطا غربا إلى السنبلوين شرقا، ومن سخا شمالا إلى قويسنا جنوبا. وهذه المنطقة معرضة لأخطار الصقيع إذ أن النهاية الصغرى لمستوى الحشائش فيها تقل عن درجة التجمد فى كثير من أيام الشتاء.

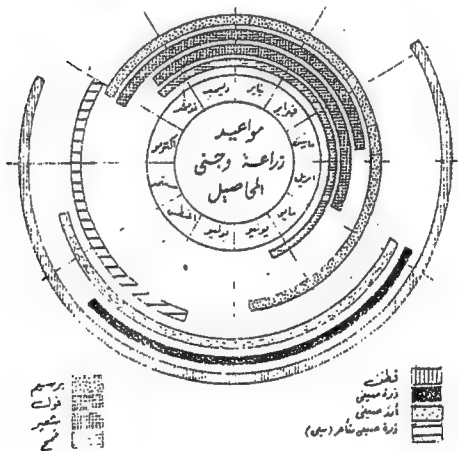
وتعانى بيئة دلتا النيل خسائر فادحة فى محاصيل الفاكهة والخضروات وبعض المحاصيل الأساسية نتيجة تأثرها بالصقيع.

أما البرد، فيسبب سقوطه كثيرا من الأضرار بالنسبة للنباتات فهو يوقف نموها أيضا مثل الصقيع، وخاصة فى شهرى ديسمبر ويناير. إذ يحدث عنه سقوط أزهار محصول الفول وإحمرار أوراق القمح والبرسيم وجفاف أطراف نباتات الطماطم والبطاطس.

مما تقدم يتضح أن أثر العوامل الجوية أو المناخ فى بيئة دلتا النيل لاشك له قيمة كعامل يبنى محدد لزراعة ونمو محاصيل معينة، ولكن إذا كانت بيئة الدلتا تسودها ظروف مناخية متشابهة بوجه عام إلا أن هناك إختلافات إقليمية بين الجهات الساحلية والجهات الداخلية منها، كما أن مناخ الوادى فى صعيد مصر يختلف كثيرا عن مناخ الدلتا من حيث الحرارة والرطوبة والمطر. وقد انعكس هذا الإختلاف فى المناخ فى توزيع الحاصلات المختلفة، ففى الاستطاعة زراعة المحاصيل المصرية فى الدلتا والوادى غير أن إنتاج بعض المحاصيل قد يختلف فى أحدهما عن الآخر مع تشابه الأرض فى الجودة، لذا كان لزاما على المشتغل بالزراعة فى مصر معرفة توزيع محاصيل الحقل فى المناطق الزراعية المحلية وتأثير العوامل الجوية على نموها وإنتاجها من حيث الجودة أو الضعف فزارع الوادى لا يقدم على زراعة الاقطان طويلة التيل مثل المنوفى وجيزة ٤٥ لأنها لا توجد فى مناخ هذه المنطقة، إذ تحتاج هذه الأصناف إلى حرارة معتدلة وجو رطب وأرض متوسطة الجودة وهذا لا يتوافر إلا فى الحزام الأوسط من الدلتا. وقد يضاب القمح الهندى بالصدأ الأسود بشدة فى شمال الدلتا بينما تقل إصابته فى جنوبها وتكاد تنعدم فى الوادى. وقد يتأثر الفول بالصدأ أيضا فى الدلتا ولكن يندر هذا التأثير فى بلاد الصعيد رغم تساوى عدد الريات وذلك لحرارة الجو وجفافه والتبكير فى المنطقة الأخيرة. وينطبق ذلك أيضا على الكتان. غير أن الألياف الناتجة بمنطقة الوادى أقل نعومة من



(شكل رقم ٧-١) المواسم الزراعية في دلتا النيل



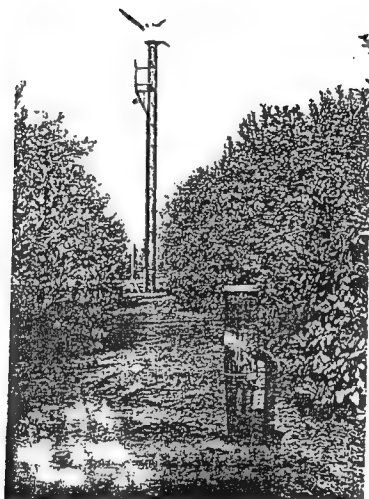
(شكل رقم ٧-٢) مواعيد زراعة وجني المحاصيل في دلتا النيل

النتيجة في الدلتا وربما كان ذلك لسدة رطوبة الجو وكثرة الضباب وإنخفاض درجة الحرارة في الدلتا في موسم زراعته .

ويلاحظ أيضا أن بعض المحاصيل قد اشترت زراعتها في الدلتا بينما اشتهرت محاصيل أخرى بالوادي وبصفة عامة فإن العوامل الجوية في الوادي تلائم نمو بعض المحاصيل التي لا توجد في الدلتا، مثل القصب والذرة الرفيعة والفول وأنواع القمح الصلدة . ولكن يجب أن نتذكر أن توطن بعض المحاصيل في الدلتا والوادي لا تفسره الظروف المناخية وحدها، إذ تظهر عوامل أخرى متعددة، بعضها طبيعي كالتربة، والآخر بشري كالظروف الاقتصادية والتاريخية والاجتماعية، تؤثر في هذا التوزيع الجغرافي للمحاصيل .

وإلى جانب تأثير العناصر المناخية في الدلتا على المحاصيل الزراعية، فإن لها وجها آخر من التأثير يظهر في العمليات الزراعية . فمثلا نجد أن لعنصر حرارة السطح تأثيرا على بعض هذه العمليات سواء أكان هذا العنصر هو إنخفاض درجة الحرارة عن الحد الأمثل أو ارتفاعها عنه، ومن هنا كان لا بد للمزارع في منطقة الدلتا أن يقوم بتعديل درجة الحرارة ما أمكن وذلك بالنسبة لمختلف

المحاصيل، أو على الأقل للحساسة منها لدرجات حرارة معينة . وذلك عن طريق اجراء بعض العمليات الخاصة بتدفئة التربة والمحاصيل بتغطيتها بقش الأرز أو بعيدان الحطب لمنع عملية الاشعاع حولها، حينما تنخفض درجات الحرارة في شهور ديسمبر ويناير وفبراير، كما في حالة الطماطم والبسلة . ونفس الوضع يحدث صيفا لوقايتها من حرارة أشعة الشمس وقد تغرس سقان الذرة الجفافة في خطوط عبر الحقل لتقليل أثر الهواء الذي يعمل على برودة التربة بزيادة تبخر الماء منها . أو قد تجرى في بعض الأحيان عملية تدفئة للحقل كله (شكل رقم: ٣ - ٧) إذا هبطت درجة الحرارة فجائيا واقتربت من درجة التجمد وأصبحت النباتات معرضة للتلف بسبب الصقيع، فتشعل نيران في مواضع متعددة يخرج منها دخان كثيف يحيط بالنباتات بسحب صناعية، وغالبا ما يتم ذلك باستعمال الفحم أو الموائد الزيتية . وهذه النيران لاتعمل على إضافة الحرارة إلى الجو فحسب بل أنها تسبب على وجه الخصوص تيارات حمل تعمل على مزج كتلة الهواء ببعضها مزجا يكاد يكون تاما . ومثل هذه العملية لها أثرها خصوصا في الليالي الساكنة . وتتخذ إجراءات خاصة في زراعة المحاصيل التي تحتاج إلى درجات حرارة مرتفعة نسبيا أثناء فترات انباتها أو نموها، ومن بينها القطن: فالخطوط التي يزرع فيها تكون في الأغلب الأعم شرقية غربية، وتزرع البذور على الريشة القبليية حتى تتلقى أكبر قدر من ضوء وحرارة



(شكل رقم ٢٠٣) مدهاة ومروحة هوائية تتدفقة

بستان موالح وتقليل حدوث الصقيع

الشمس. وإذا وضعت هذه البنور في وقت مبكر فإنه يراعى عندئذ إضافة بعض الطمي أو الرمال إلى مرقد البذرة لكي تحافظ على قدر من الدفء تستطيع معه البادرات من النمو. وإلى جانب ذلك تؤثر درجة حرارة الهواء على طريقة عمل الدريس (البرسيم الجاف) التي لا تنجح إلا في الجو الدافئ القليل الرطوبة، إذ يساعد ذلك على سرعة جفافه. كما كان عملية دراس بعض المحاصيل كالقمح والشعير والفول لا يبدأ بها إلا عند ارتفاع حرارة الجو وجفافه. إذ أن إنخفاض درجة الحرارة وزيادة الرطوبة في الجود تجعل القش يلوى. كما تقف عملية تدخين أشجار الموالح وغيرها ضد الحشرة القشرية إذا إرتفعت درجة الحرارة عن ٢٦,٥ (٨٠ ف) أو إنخفضت عن ١,٦ مئوية (٣٥ ف).

ومن تأثيرات حركة الهواء على العمليات الزراعية في بيئة دلتا النيل أنها تعمل على نقل وتلقيح الأزهار الأشجار والنباتات الحقلية، ومن تأثيراتها الصارة أنها تنقل الجراثيم والأمراض الفطرية كالصدأ والتآخم في النخيل والذرة، كما أنها تزيد من سرعة جفاف الأرض المروية إذا كانت الرياح جافة ودافئة عن طريق زيادة التبخر من التربة والنبات. وبالإضافة إلى ذلك يظهر أثر الرياح في ميعاد زيات كثير من المحاصيل مثل الذرة والقمح، إذ كثيرا مايجعم الفلاح على الدلفا عن رى حقله صباحا أو عصرا ويفضل ريه ظهرا أو ليلا على وجه الخصوص. ذلك أن ماء النرى يفكك التربة فتتحلل جنور النباتات وبالتالي فإن أى حركة فى الهواء يمكن لها أن تتسبب فى منجعان النباتات، فيتلف المحصول ويكون الضرر جسيما إذا حدث الصنجان قبيل نضج النباتات أو وقت حملها للكيزان والسنايل ولهذا يجب زراعة الذرة فى خطوط من الشمال إلى الجنوب ليسهل مرور الرياح بينها، وهى الرياح الشمالية عموما فى كل أرجاء الدلتا تقريبا. ويعوق هبوب الرياح السريعة عملية نثر البرسيم عند زراعته، كما أنها تعوق عملية نثر التسماد الكيماوى أيضا.

ويمكن تغيير حركة الهواء أيضا عن طريق زرع الحبوب فى أخاديد أو شرائح ضيقة ومتبادلة بحيث تكون عمودية على إتجاه الرياح السائدة وهى الشمالية، وهذه الطريقة تمنع اللبادرات وتقلل من تأثير الرياح عليها.

زلندنى فى دلتا النيل أكبر الأهمية من حيث التأثير على العمليات الزراعية. فظهوره على الأشجار الحمضية وغيرها يدعو إلى وقف تدخينها، كما أن له أثره فى حصاد القمح والشعير إذ أنهما يحصدان قبل تطاير الندى حتى لا تنقص السنايل. ويدرس الأرز فى الصباح الباكر حتى لا تنقص قشّه وتتعري حبوبه، بينما لا يدرس القمح والشعير والبرسيم إلا بعد تطاير الندى.

وكذلك يؤثر الندى فى إذابة الأسمدة الكيماوية فى زراعات البرسيم والقمح لذا ينصح عادة بعدم نثرها إلا بعد تطاير الندى. وبالإضافة إلى ذلك يؤدى البرسيم المندى إلى إنتفاخ الماشية. ويغسل الندى سطوح الأوراق فيسهل بذلك عمليتي التمثيل الكربونى والتنفس. والدريس لا يقلب والقطن لا يجنى أو يعبأ فى أكياس إلا بعد تطاير الندى حتى لا تتأثر نتيقله بالماء.

مما سبق نرى أن تأثير المناخ فى الإستغلال الزراعى فى بيئة دلتا النيل، يكاد ينحصر فى حرارة التربة وحرارة السطح ونسبة الرطوبة ومدة سطوع الشمس. أما العوامل الأخرى كالضغط الجوى والرياح والأمطار فتأثيرها غير مباشر ويصعب القول بأنه محدود أو غير

محدود، إذ لم نشاهد في العمليات الزراعية ما يشير إلى أن لأحدهما أثرا هاما وأن كان هذا بطبيعة الحال لا ينفي أن لها هي الأخرى قدرا معيناً من التأثير على أطوار حياة المحاصيل المختلفة المزروعة في منطقة البحث (١).

ونظرا لأن العناصر المناخية لاتضع حدا معيناً لفصل النمو الذي يمتد طول العام، فليس هناك فصل يقف فيه نمو النباتات كما يحدث في معظم الأقاليم الباردة، وقد أدرج الفلاح منذ زمن بعيد وبعد تجارب كثيرة أنسب الأوقات والظروف لزراعة محاصيله وأعماله الزراعية، وارتبط ذلك بالظروف المناخية ارتباطاً وثيقاً ظهر في صورة التنظيمات التي عرفها الفلاح واستمر في استخدامها حتى الآن، وعلى الرغم من التقدم الفني في أساليب ووسائل الزراعة إلا أن هذه التنظيمات لازالت ناموساً يهتدى به الزراع. وأهم مظهر لهذا الارتباط يتمثل في صورة الأمثال الزراعية التي ترتبط بدورها بشهور السنة القبطية دون غيرها. لذا لانتعجب إذا عرفنا أن الغالبية العظمى من المزارعين تزيد معرفتهم كثيراً بالشهور القبطية عنها بالنسبة لشهور السنة الميلادية (الشمسية) والهجرية (القمريّة) (٢). وأن دل هذا على شيء فإنما يدل على أن هذه الأمثال تلقى قدراً من الضوء على حقيقة ارتباط التنظيمات الزراعية بالعناصر الجوية. وتتلخص الأمثال الزراعية المشهورة في مصر عامة والدلتا خاصة في الجدول التالي (جدول رقم: ٤-٧).

والى جانب الأمثال السابقة (٣)، فقد ارتبطت شهور التقويم القبطي أيضاً بالعمليات الزراعية في صورة بعض ألفاظ لها دلالة مناخية معينة أمكن معرفتها مثل: لفظ (نقطة) وهو يوافق ١١ بؤونة (٢٠ يونيو) حيث يرتبط به مواعيد زراعة بعض المحاصيل، كان يقال مثلاً: (زرع القطن على ١٣٠ يوم) أى قبل النقطة بهذه المدة، كذلك لفظ (نبيروز) الذي يدل على أن الليل يبلغ أقصاه وتبدأ معه زراعة المحاصيل الشتوية.

وخلاصة القول أن ثبات الظروف المناخية في بيئة دلتا النيل ووضوح أثر العناصر المناخية على المحاصيل الزراعية بها، من حيث تنظيم زراعتها تنظيمًا فصلياً لا يفرض حدوداً لفصل النمو بل يسمح بزراعة بعض أنواع منها في أكثر من فصل تبعاً لتوافر

(١) ارتبطت الزراعة ومواعيدها وعملياتها في مصر بالتقويم القبطي نظراً لمباته وتكرار شهره في نفس الظروف ونسب الوقت منها ووافقته كذلك مع الظروف المناخية السائدة. وقد قسمت السنة في هذا التقويم إلى اثنتا عشر شهراً كل منها ثلاثين يوماً، والخمسة أيام الباقية سميت بالنساء. ولاشك أن التقويم القبطي هذا يدل على تلك الخبرة الطويلة التي مارسها الفلاح والتي مازالت قائمة باستمرار الظروف المناخية إلى يومنا هذا.

(٢) يختلف التقويم الهجري من التقويم الشمسي والقبطي، حيث يقل الأول بأحد عشر يوماً كل سنة عن الآخرين، ومعنى هذا أن شهور السنة الهجرية تسبق بداية الفصول بأحد عشر يوماً كل سنة.

(٣) نظراً لأن الباحث قد عاش فترة طويلة من حياته بالريف، فقد سمع وحفظ من أهل قريته كثيراً من هذه الأمثال وتحقق منها.

(جدول رقم ٤-٧) الأمثال الشعبية التي لها علاقة بالزراعة التقليدية في بيئة دلتا النيل

الشهر	المثل	التعريف
توت	توت هات الأنتوت	يقصد بذلك استعداد الفلاح لخدمة أرض المحاصيل الشتوية «القمح، الشعير، الكتان، البرسيم الفول».
بابه	بابه زرع يغلب النهاية	الانتوت: مسمار خشبي صغير يربط قصبه المحراث البلدي بالناف الذي تجره الماشية. نظرا لأن هذا الشهر يوافق أوائل أكتوبر فإن المحاصيل التي تزرع به مثل الفول القمح والعدس والحمص تكون أكثر إنتاجية لما تمتلئ به بأدائها من قوة النمو
هاتور	- هاتور أبو الذهب الملتور - ان فالك زرع هاتور أصبر لما السنة تدور	يقصد بذلك أنه يتم في هذا الشهر زراعة القمح حيث يعد هذا الشهر هو الأمثل لزراعة هذا المحصول، وأن أي تأخير لا يعود بالمحصول الوفير، وقد أكدت ذلك التجارب الزراعية حديثا.
كيهك	كيهك صباحك مساءك	يكون طول النهار في هذا الشهر أقصر ما يكون. يقل العمل الزراعي، بل يكاد ينعدم، ويقتصر على تغذية الماشية بالبرسيم وتطهير النرج والمصارف.
طويه	طويه أم البرد والمندويه، تخلي المجوزة كركويه.	طويه أصلها (دبة) وتعني نضج القمح، ويعد هذا الشهر أقصى الشهور برودة.
أمشير	أمشير بقر للزرع سير خلى القصير يحصل الطويل	أمشير أصلها (ماخير) ومعناه الدافئ، ونظرا لشدة البرد التي يعانيها الزرع وخاصة القمح في شهر كيهك وطويه مما يجعل الزراعات المتأخرة صنفية وصغيرة، وحتى يحل أمشير يصير الجو دافئا نسبيا فتزداد قوة.

تابع (جدول رقم ٤-٧)

الشهر	المثل	التعريف
برمهات	برمهات روح الغيط وهات	يقصد به بدأ النباتات فى الأزهار والأثمار مع بداية الربيع وتزداد المحاصيل نمواً، حيث تملح الفرصة لمن يذهب إلى الحقل أن يجد الفول الأخضر وفريك البقم.
برمودة	برمودة دق العمودة	برمودة أصلها (بارانوت) وتعنى شهر إله الحصاد (نوت) ويتم فى هذا الشهر حصاد المحاصيل المختلفة مثل القمح والفول والبرسيم. ويقصد (دق العمودة) أى دق الممود المركزى للفروج الذى يستخدمه فى عملية الدراس.
	برمودة دق العمودة	أى دق بالحصى الثقيلة لفصل العنب عن القش.
بشتس	بشس وكش الغيط كش	لا تبقى فى هذا الشهر محاصيل شتوية بالحقل حيث تكون كلها قد حصنت.
بؤونة	بؤونة الحجر	ويطلق عليها الحجر نظراً لشدة الحر (يونيو ويوليو).
أبيب	أبيب مطاخ الغتب والكين	يضع فى هذا الشهر العنب والتين
مسرى	مسرى تجرى فيه كل ترعة عسرة	يوافق هذا الشهر وصول مياه الفيضان إلى جميع للترع حتى لاتصلها المياه طوال السنة (الترع العسرة).

المياه طوال العام تقريباً، قد هيأ ظروفًا ملائمة لتنوع هذه المحاصيل. فكلما نجد منطقة من العالم تبلغ هذا القدر من المساحة المحدودة (٣ مليون فدان تقريباً) تتسع وتصلح لنمو غلات تحتاج لتلك الظروف المناخية المتباينة التي تتطلبها المحاصيل التي تزرع في الدلتا، مثل نباتات البحر المتوسط كالحبوب الشتوية والمواالح ونباتات الأقاليم المدارية والموسمية كالذرة والقطن والأرز، إذ نجد هذه المحاصيل بيئة ملائمة وظروفًا مناخية تصلح لنموها.

المناخ وإنتاج المحاصيل الزراعية

تحدد، إلى درجة كبيرة الظروف المناخية المثلى للنمو إنتاجية المحصول. وإذا كان هناك حدود دنيا وعظمى من درجات الحرارة التي يصعب على النباتات نموه خارجها، فإن لكل محصول وحدات حرارية معينة تلزمه لقضاء مراحله الحياتية المختلفة. ولقد حاول بعض الباحثين الربط بين درجة الحرارة ونمو النباتات وإنتاجية المحصول، ففي عام ١٩٤٧ استخدم جسليين Gestlin عامل النفاذية (A) الذي يشير إلى قوة النمو المرتبطة بدرجة الحرارة والإشعاع الشمسي:

$$A = \sqrt{H}$$

حيث ح = المتوسط اليومي لدرجة الحرارة (درجة مئوية)

ش = كمية الإشعاع الكلية على سطح أفقى (وحدة حرارية/سم^٢/يوم)

ولنمو الأوراق فى الحبوب الصغيرة - كالقمح - علاقة مباشرة بهذا العامل، حيث بآزدياده يزداد نمو الأوراق.

ومن خلال دراسة أجراها جويوت Guyot (١٩٥٦) وجد أن هناك علاقة بين إنتاج محصول العنب وازدياد متوسط درجة الحرارة السنوى فوق ٨ درجة مئوية، كما تبين له أن تربية العنب ترتبط طردياً بمربع عدد ساعات سطوع الشمس فى شهر يوليو. كما أن هيلدنث وبارنت Hildreth & Burnett قاما بحساب معامل الارتباط بين إنتاج محصول القطن وحرطية التربة عند عمق متر واحد مقاسة فى ٢٠ مايو فوجدوا أنه يساوى ٠,٧٥ وهى قيمة تدل على علاقة قوية بينهما، فى حين بلغت قيمة معامل الارتباط - استناداً إلى دراسة لود Laud - بين إنتاج محصول القمح وكميات الأمطار الساقطة فى الفترة من مايو وحتى ٣١ يوليو مقدار ٠,٨٦ وذلك فى ولاية كانساس الأمريكية. أما بالنسبة للمجر، فقد اقترح برنى Berenyi العلاقة التالية:

$$Y = aX_1 - bX_2 + cX_3 - d^3$$

حيث Y = أفضل إنتاج للمحصول

X_1, X_2, X_3 = التساقط، درجة الحرارة، سطوع الشمس على الترتيب خلال الفترة من مايو وحتى يوليو.

a, b, c, d = ثوابت

وبلغت قيمة معامل الارتباط ٠,٨٧ وهى قيمة كبيرة لها دلالة إحصائية لتؤكد على الارتباطات السابق ذكرها.

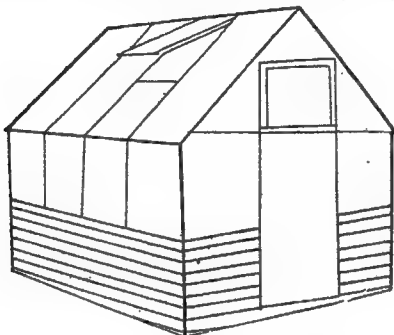
البيئة الزراعية الاصطناعية

لما كان لكل محصول زراعى إحتياجات مناخية، وبما أن هذه الإحتياجات تتوافر فى مناطق دون سواها، وفى فصل من السنة دون غيره، لذا تحددت البيئة الأساسية للمحاصيل الزراعية وأصبحت الحدود واضحة بين الأجزاء الصالحة وغير الصالحة لزراعة هذا المحصول أو ذلك. وإذا كان بالإمكان توفير الرى فى حالة قلة المياه الجارية على السطح أو من المياه الجوفية، بجانب محاولات إسقاط الأمطار بطرق اصطناعية، فإن الأمر لم يقف عند هذا الحد بل تعدى ذلك إلى خلق أجواء حرارية معينة، وأصبحت الكثير من المحاصيل الزراعية تزرع خارج نطاق زراعتها الأصلية وفى فصول غير فصول زراعتها.

إن عملية توفير الحرارة الكافية لحاجة المحاصيل الزراعية من العمليات الهامة والأساسية فى توفير فصل نمو دائم ومستمر على مدار السنة للكثير من أنواع النباتات. وقد تم توفير ذلك عن طريق استخدام بيوت مصنوعة من الزجاج أو البلاستيك، ولذا عرفت تلك البيوت بالبيوت الزجاجية أو البلاستيكية، تلك التى توفر فى داخلها جواً مختلفاً كل الاختلاف عن الجو الخارجى. فالبيوت الزجاجية أو البلاستيكية تستفيد من خاصية المواد المصنعة منها - زجاج كان أم بلاستيك -، حيث يتصف الزجاج بخاصية السماح بحرية مطلقة للأشعة الشمسية القصيرة الموجة من إختراقه تجاه سطح الأرض، غير أنه يمنع الأشعة الأرضية الحرارية طويلة الموجة من إختراقه تجاه الفضاء، ولذلك يحافظ على درجة حرارة ليلية أعلى بكثير من من درجة حرارة الجو الخارجى، كما أنه يقلل من فقدان الحرارة أثناء النهار؛ ومن ثم يجعل حرارة النهار أعلى. وهكذا يمكن القول أن الطاقة الشمسية تحفظ داخل البيوت الزجاجية وتملح من الترشب خارجاً ملية بذلك حاجة النباتات المحبة للدافء فى الليل. كما يمكن أن تستغل الطاقة الشمسية فى توفير جو حرارى ليلي معين بواسطة تخزين الحرارة الناتجة عن أشعة الشمس فى النهار، باستخدام أجهزة خاصة - عبارة عن ألواح لجمع الحرارة - حيث يتم تسخين الماء الذى يحفظ ضمن خزانات، كى يعاد استخدامه فى الليل وفى الأيام الملبدة بالغيوم والباردة. ولم يعد يكتفى باستغلال الطاقة الشمسية فى البيوت الزجاجية، بل أصبح الآن يوفر للنبات أيضاً أجواء اصطناعية خاصة عن طريق التدفئة الاصطناعية (مدافئ كهربائية، أو مدافئ الكيروسين ...). وفى حال نقص الضوء الضرورى فإنه يوفر ضوءاً اصطناعياً عن طريق المصابيح، كما يوفر للنبات التهوية اللازمة بالطرق المناسبة، والرطوبة الضرورية الجوية والأرضية.

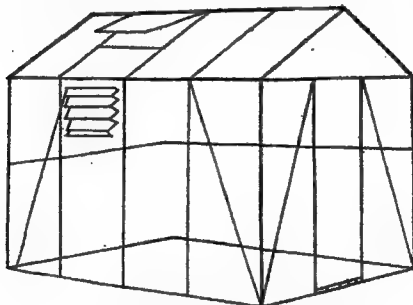
ويلعب اتجاه البيت الزجاجى بالنسبة لأشعة الشمس دوراً كبيراً فى تحديد كمية الطاقة الشمسية المستفاد منها. ويعد الاتجاه شرق - غرب أفضل بكثير من الاتجاه شمال - جنوب، حيث تدخل فى الحالة الأولى أكبر كمية ممكنة من ضوء الشمس فى فصل

الشتاء، بجانب أن توزيع الضوء يكون أكثر انتظاماً، كما أن درجة حرارة التربة في الشتاء والحرارة المكتسبة تكون أعلى في البيوت الزجاجية الشرقية - الغربية من غيرها من البيوت (شكل رقم: ٤-٧).



(شكل: ٤-٧)

أ - بيت زجاجي تقليدي، نصفه السفلي مكون من مادة عازلة و خشب، فريميد



ب - بيت زجاجي تقليدي، مغطى بالواح زجاجية
أو بيبلاستيك من مستوى السقف وحتى مستوى سطح التربة

وتستخدم البيوت الزجاجية لزراعة الخضروات (خيار، باذنجان، كوسة، فلفل، طماطم) ونباتات الأزهار والزينة (قرنفل، ررود، أقحوان)، بالإضافة إلى بعض تجبيرات الفاكهة (عند موز، مشمش). وقد تحتاج بعض المحاصيل لهذه البيئة الاصطناعية فترة قصيرة من حياتها، بينما نجد أخرى تبقى في تلك البيوت طيلة فترة نموها حتى تنضج وتقطف ثمارها. وفي حالات كثيرة فإن طريقة زراعة البيوت الزجاجية تكون ناجحة اقتصادياً في حال إذا ما كانت البيئة الطبيعية لبعض المحاصيل لا تحتاج إلا لقليل من التعديلات في البيئة لكي يتحقق لها أفضل نجاح.

ثانياً، المناخ والصناعة

تتأثر الصناعة بحالة الجو في نواحي متعددة لايسهل حصرها، ولكن يمكن تقسيم هذا الأثر إلى ناحيتين: الأولى هي اختيار موضع المصنع، والثانية تأثير المناخ على عمليات التصنيع ذاته.

أما من ناحية اختيار موضع المصنع، فظهر أهمية المناخ المباشر في معرفة أثر كل من درجة الحرارة ونسبة الرطوبة واتجاه الرياح وقوتها ومدة سطوع الشمس على تصميم مبنى المصنع ومدى حاجته إلى التدفئة. وهناك جانب آخر، غير مباشر، من هذه الأهمية يتمثل في تأثير العوامل الجوية على طرق النقل ووسائل المواصلات التي تربط المصنع بمراكز التسويق ومناطق التصدير، هذا بالإضافة إلى تأثيرها على هجرة الأيدي العاملة إلى المناطق الصناعية للعمل بها تبعاً لاعتدال أو لسوء الأحوال الجوية السائدة.

ومن ناحية تأثير المناخ على عمليات التصنيع، نجد أن هناك كثيراً من الصناعات التي يتعين لها ظروف جوية خاصة، بالنسبة لدرجة الحرارة والرطوبة، بدونها لا تنتج. ولكننا نرى أن عمليات التصنيع قد تحررت من تحكم العوامل الجوية الآن فيها، إذ أصبحت المصانع مجهزة بالآلات التكييف Air condition التي تخلق جواً اصطناعياً، يشابه إلى حد كبير ما تتطلبه الصناعات من أحوال جوية طبيعية.

وفي دلتا النيل، قد لا نجد للظروف الجوية دوراً في تحديد مواضع المصانع بها، إذ أن أغلبها يقع شمال المدن، مثلها المصانع العديدة التي تقع شمال القاهرة في شبرا الخيمة، دون أن يؤخذ في الحسبان عند اختيار هذا الموضع اتجاه الرياح السائدة، وهي الشمالية عموماً، التي تحمل المخلفات الصناعية وتلقي بها على المناطق السكنية مما يسبب أضرار جسيمة لا مكان. وعلى الرغم من أن هناك مصانع تقع جنوب المدن، ومصانع الاسكندرية مثلاً، إلا أن هذا الموضع أيضاً قد لا يرتبط بالعوامل الجوية مباشرة مثبماً يرتبط بطرق النقل، والنقل النهري بصفة خاصة، حيث يمكن نقل المواد الخام وتصريف المنتجات بأقل تكلفة ممكنة.

ومن الناحية الأخرى، نجد أن تكاليف الإنتاج في الصناعة عموماً تتأثر بمدى الحاجة إلى التكييف وتصميم المباني بحيث تتناسب مع الأحوال المناخية السائدة. فصناعة الطائرات في دلتا النيل مثلاً، تطلبت مباني ضخمة وظروف جوية ملائمة لأجزاء التجارب والاختبارات تتمثل في صفاء السماء وخلوها من السحب بالإضافة إلى

النجو الدافئ حتى لا تتصخم تكاليف الإنتاج بإضافة تكاليف التدفئة الناهضة. وعلى ذلك فقد توطنت هذه الصناعة في منطقة القاهرة، دون سواها، حيث تقل نسبة الغيوم في سمانها (تقريباً من قبّة السماء)، كما يرتفع بها المتوسط اليومي لدرجة الحرارة الذي لا ينخفض في أي شهر من الشهور عن ١٢ درجة مئوية (٥٣.٦ ف).

وثمة أهمية ملحوظة للعناصر الجوية على توطن بعض الصناعات في بيئة ذلك النيز. فصناعة نسج القطن مثلاً من المعروف أن الجو الرطب يناسبها، لأن الرطوبة تقوى خيوط الغزل ومن ثم تقلل من قطع هذه الخيوط أثناء النسيج. وعلى ذلك تأثر توزيع هذه الصناعة في منطقة البحث إلى حد ما بالرطوبة النسبية التي تتميز بازديادها في الجهة الشمالية، صيفا وشتاء، فضلاً عن تزايدها أيضاً في الجهات الوسطى، شتاء، وإنخفاضها كثيراً في الجهات الجنوبية، وربما كان ذلك من أسباب انتشار صناعة نسج القطن في الجهات الأولى. ولكن لو نظرنا إلى مستقبل هذه الصناعة نجد أنه ليس للرطوبة النسبية أهمية تذكر في هذا الشأن، إذ أصبح من السهل تكييف الجو حسب ماتتطلبه الصناعة داخل المصنع.

وكذلك من الصناعات التي تتأثر بالعناصر الجوية في دلتا النيل، صناعة السيخما، ففي بادئ الأمر كانت تعتمد هذه الصناعة على صفاء الجو وزيادة مدة سطوع الشمس حتى تتم عمليات التصوير بنجاح، إلا أنه اخترع حالياً نوع من الأفلام تقلل من أهمية أشعة الشمس كعامل مؤثر في نجاح التصوير. ورغم ذلك فإنه مازال لتوفر الضوء وزيادة الرزنية آثار لا يمكن اغفالها في التصوير بالخلاء، فضلاً عن أن هبوب الرياح بشدة في منطقة التصوير تؤدي إلى تشويش أصوات مكبرات الصوت. وتبعاً لذلك تركزت هذه الصناعة في منطقة القاهرة حيث تجد ظروفاً بيئية ملائمة لها.

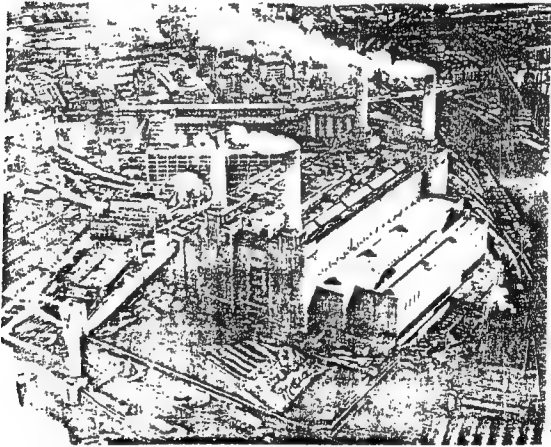
أدى انتشار الصناعة، على مستوى العالم كله، إلى نشأة مشكلة عالمية هامة هي اختلال موازين الغلاف الجوي الذي امتلأ بغازات خطيرة أدت بالتالي إلى تلوث جو الكرة الأرضية. إذ أن التصنيع يسهم بنصيب كبير في زيادة نسبة الفضلات والمخلفات في الجو من ناحية، وفي زيادة نسبة الغازات والأبخرة المتصاعدة من ناحية ثانية (شكل رقم ٧-٥)، فضلاً عن الغازات المنبعثة من السيارات، التي كان لها أضرارها المباشرة على مظاهر الحياة، أولها، وأخطرها، كما ذكرنا من قبل، زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو بصفة عامة الذي يؤدي إلى أضرار صحية جسيمة.

وهكذا أسهمت تكنولوجيا التقدم إلى جانب الزيادة المفرطة لسكان العالم في وجوب أكبر مشكلة تهدد العالم^(١)، ألا وهي الزيادة الزهيدة التي وصل إليها التلوث الجوي، فلقد ثبت أن الخطر الذي يهدد الهواء يبدأ أولاً من الإنسان.

وعلى الرغم من أن التلوث الجوي ليس أثراً مباشراً للمناخ، إلا أن للظروف الجوية

(١) مصدر هيئة الأمم المتحدة في عدد حكن العالم سوف ليصل إلى حوالي ٧ بليون نسمة في منتصف القرن ٢٠ حذ والمخبر. وبالتالي تكون المعاصرة على نقاء الهواء بالتحكم في معدل زيادة السكان

السائدة أثراً كبيراً على معدل انتشار عوامله (رأسياً وأفقياً) ، ويصنّ على تراكمه من حيث أن حالة الضغط والرياح تؤثر في ذلك . وعليه تنشأ مشكلة تلوث الهواء نتيجة عاملين . أولاً: وجود شوائب عالقة بالجو (سواء اذا كانت على هيئة صلبة أو سائلة أو غازية) بنسب أعلى من معدلاتها الطبيعية فيه ، وترجع زيادة التلوث إلى كثرة مصادر تلك المواد الغريبة في الهواء فالدخان والغبار والأبخرة تأتي من عمليات الاحتراق بالمصانع وهذه تنتج من استعمال أنواع الوقود المختلفة بكميات تتزايد باستمرار ، بالإضافة إلى مصادر أخرى عديدة كعادم السيارات والتبخّر من السوائل الطيارة (كالبازولين) . ثانياً: هدوء للهواء وعدم تحركه مسافات كافية لنقل وتشتيت ما به من غازات ملوثة ، ومن الأسباب التي تعوق حركة الهواء وتساعد على سكونه وجود موانع ومصدات (مرتفعات - مباني - الخ) ، وبالتالي تحتجز الأتربة والأدخنة الملوثة في درجة حرارة الجو مما يؤدي إلى تراكمها وزيادة تركيزها .



(شكل رقم ٧-٥) الغازات والأبخرة المنطلقة من المصانع وما يتبعها

من تلوث جو المدن التي توجد بها

وينتج عن زيادة مواد تلوث الهواء فوق المدن أن نخضع فيها درجة الرؤية ونزدن

بها ظاهرة العجاج، حتى لتبدو مبانيها من بعيد وكأنها مغلقة بسحابة كثية من دخان المصانع ومخلفاتها التي تحجبها عن الأنظار، فضلاً عن أن هذه المواد تمتص رطوبة الهواء وتكون بمثابة نوايات للكثف. إلا أن قطرات المادة التي تتكون فوقها عندئذ تكون أكثر استقراراً من قطرات السحب العادية، كما أنها لا تتبخّر بسرعة إذا ارتفعت درجة حرارة الهواء تبعاً لوجود بعض المواد الزيتية التي تميل إلى تكوين غطاء وقائي حول هذه القطرات الصغيرة يجعل من الصعب تبخيرها أو تشتتها.

وتحت ظروف التلوث الجوى القاسية، نتيجة اختلاط وامتزاج مواد التلوث بالضباب، تنشأ بعض الأخطار التي تهدد بتسمم البيئة وتؤدي في كثير من الأحيان بحياة الإنسان إلى الموت، إذ تنتشر بعض الأمراض الخطيرة (كأمراض القلب والجهاز التنفسي) المرتبطة بالتفاعلات الكيميائية بين مختلف أنواع التلوثات في الهواء والتي ينتج عنها مركبات جديدة أكثر خطراً أحياناً من مواد التلوث الأصلية^(١).

ولا تبعد بيئة دلتا النيل عن هذه المشكلة، فهي تتعرض لقدر كبير من تلوث هوائها بالادخنة والغازات المنبعثة من المصانع والسيارات. ولقد كشفت آخر القياسات الدقيقة لمدى التلوث في هواء بيئة الدلتا عن أن أخطار التلوث لا تقتصر على المدن فحسب ولكنها تزحف أيضاً إلى هواء القرى^(٢).

وكمجرد مؤشر لتلوث جو مدن دلتا النيل، أوضحت القياسات ارتفاع نسبة التلوث فوق منطقة القاهرة الكبرى، وحددت أسبابها في عدة مصادر: (أولها) ازدياد النشاط الصناعي في المنطقة خلال العشرين عاماً الأخيرة، إذ تمتلك أكبر منطقتين صناعيتين في القطر (شبرا الخيمة وحلوان) تضمان عدة مئات من المصانع المختلفة الإنتاج، تتمثل في مصانع الغزل والنسيج ومنتجات الصناعات الهندسية ومصانع لتعبئة الغاز الطبيعى، ومصانع الحديد والصلب والسماد، وأغلب هذه المصانع لا تتوافر من حولها الوسائل اللازمة للتحكم في المخلفات المتسربة عنها إلى الهواء، مما يجعل النشاط الصناعي مصدراً كبيراً لتلوث هواء المدينة بالدخان والغازات والأتربة التي تشتمل على كمبيات هائلة من المواد القطرانية الناتجة عن احتراق البنزين والسيارات. فقد قدر متوسط ما يسقط على المناطق بالقاهرة الكبرى (حلوان مثلاً) من هذه المواد بأكثر من ٦٢,٥ طن لكل كيلومتر المربع (١٠٠ طن للميل المربع) في الشهر الواحد، وهذه نسبة كبيرة إذا ما

(١) من الحالات الخطيرة والشهيرة للتلوث الجوى الشديد في بعض أقطار العالم، مما أدى إلى وفاة ٣٦ شخصاً (ديسمبر ١٩٣٠) في بلجيكا، و ٢١ شخصاً في بسلانينا (الولايات المتحدة الأمريكية - أكتوبر ١٩٤٨)، ٤٠٠٠ شخص في لندن (المملكة المتحدة - ٩:٤ ديسمبر ١٩٥٢).

Critchfield, J. H. (1968): Ibid. p. 327.

كما يقدر على سبيل المثال، عدد الذين يموتون بسبب تلوث الهواء في الولايات المتحدة الأمريكية التي ترجع بها أعلى نسبة تلوث في العالم بحوالى ٢١٠٠ شخص سنوياً. (الأهرام ١٠/٧/١٩٧٩).

(٢) نقوم بأجراء هذه القياسات وحدة تلوث الهواء بالمركز القومى للبهوت - القاهرة.

قورنت بمتوسط ما يتساقط على المناطق السكنية بالمدينة من مواد تربية تلوث الهواء التي تقدر بأكثر من ٣١ طن للكيلومتر المربع (٥٠ طن للميل المربع) وهذه النسبة تكفي لاصابة السكان ببعض الأمراض الصدرية (السرطان الرئوي، الاختناق)، ومن هنا كان لأبد أن تؤخذ العوامل البيئية في الحسبان عند التخطيط لتوزيع الصناعات^(١) وتوزيع المناطق السكنية حتى لا تتعرض حياة السكان لأخطار بيئية لا مبرر لها^(٢).

وللمصادر الطبيعية (المصدر الثاني) أيضاً دورها في تلوث هواء منطقة القاهرة الكبرى، فرياح الحمل الحرارية التي تتكون بعد شروق الشمس بقليل على هذه المنطقة، وخصوصاً في فصل الصيف، تعمل على رفع حبيبات الأتربة الجافة والتلال المحيطة (جبل المقطم) وتشرها في الجو، وعندما تضعف تلك الرياح بعد الظهر تتساقط الأتربة والرمال العالقة بالهواء، فوق القاهرة، مرة ثانية على سطح الأرض - ولعل هذا هو سبب إنخفاض درجة الرؤية كثيراً داخل المدينة بعد غروب الشمس مباشرة، ومما يزيد من ذلك أيضاً ما تقذفه المصانع القريبة من العمران وما تنفثه وسائله النقل العابرة في الشوارع من أتربة ودخان إلى الهواء في هذه الأوقات التي ينتهي فيها الجو لتكوين الانعكاس الحراري، أما في الطبقة الملاصقة لسطح الأرض أو التي تعلو كثيراً منها. ونتيجة لكل ذلك، فقد بينت القياسات الدقيقة أحوال درجة تلوث الهواء فوق بعض مناطق القاهرة الكبرى أثناء ساعات معينة من اليوم (الثانية عشرة ظهراً، والرابعة مساءً) كما يوضحها الجدول التالي^(٣).

(جدول رقم ٥٠-٧)

متوسط كميات غاز أول وثاني أكسيد الكربون التي يتلوث

بها الهواء في القاهرة الكبرى

(الأرقام توضح عدد الجزيئات الملوثة في المليون الجزء من الهواء)

الوقت	الأماكن مواد التلوث	ميدان رسمي	ميدان العتبة	الكورنيش	ميدان الجيزة	ميدان طلعت حرب
١٢ ظهراً	أول أكسيد الكربون	٢٥,٤	٢,٧	...	٨	٢٨,٩
٤ مساءً	ثاني أكسيد الكربون	٦٤٧	٥٨٧	٤٩٠	٥٤١	٥٤٢

(١) تلغرد منطقة القاهرة بدحو ٤٢٪ من مجموع المنشآت الصناعية التي تزيد عن ١٠ مشغلين (تعداد ١٩٦٠) أغلبها من المنشآت الضخمة، فمطقة شبرا الخيمة مثلاً تضم وحدها حوالي ٤٠٠ مصنع يعمل فيها أكثر من ٥٦ ألف عامل.

(٢) حدث مثلاً في مشروعات الإسكان بمنطقة حلوان الصناعية، أنه بالرغم من التحذيرات بضرورة تجنب إقامة مساكن بالقرب من المصانع فقد قامت وزارة الإسكان ببناء المساكن الشعبية بجوار المصانع مما يعرض سكانها للاصابة بأمراض خطيرة.

(٣) أرقام الجدول مستخرجة من السجلات غير المنشورة بوحدة تلوث الهواء - المركز القومي للبحوث - القاهرة.

يبدو من الجدول أن أعلى درجات التلوث تحدث في الساعة الثانية عشرة ظهراً تكون في ميدان طلعت حرب، ففي هذا الوقت بالتحديد تصل كمية التلوث في الهواء الذي يغطي الميدان إلى ٢٩ جزءاً وتنقل درجات التلوث المرتفعة بعدئذ إلى ميدان رمسيس في الساعة الرابعة مساءً، حيث يلفه هواء تصل كمية التلوث فيه إلى ٦٤٧ جزءاً في المليون.

ولرياح الخماسين التي تهب، كما نعرف، في الفترة من فبراير حتى يونيو أثرها في تلوث الهواء بكثير من الأتربة والرمال التي تحملها وتلقي بها على القاهرة، وخلال هذه الفترة تتزايد أعداد من يصابون بالأمراض والأضرار الناتجة عن التلوث كأمراض القلب والرئة.

ويزيد الضغط السكاني في مدينة القاهرة (المصدر الثالث) من تلوث الهواء، إذ يعيش فيها أكثر من ٥ مليون نسمة (تعداد ١٩٧٦)، وذلك بسبب تركيز الصناعات وفرص العمل والتعليم والخدمات، بحيث أصبحت بعض الأحياء الفقيرة بالمدينة مكتظة بالسكان لدرجة أنهم يزدنون من أفساد الهواء في البيئة التي يعيشون فيها.

ولكن كان الحال كذلك، ولكن بصورة مصغرة، في كل مدن دلتا النيل تقريباً، فأن الصورة تختلف في قرأها وريفها باختلاف أسباب ومصادر تلوث الهواء فوقها. فتطوير الزراعة واعتمادها على المخصبات الزراعية والمبيدات الكيماوية، التي يعتمد عليها الفلاح في مقاومة الآفات والأمراض والحشائش، تعد من أهم أسباب تلوث الهواء الذي يزحف على البيئة الريفية. إذ أن هذه المواد سامة وكثير منها يتميز بالثبات ولا يتعرض للتحلل البيولوجي بفعل الكائنات الدقيقة في التربة، كما أنها تحدث خلا في توازن البيئة نتيجة الاستمرار في استعمالها. ولقد ثبت أن لوجود هذه المواد بالجو وتراكمها أيضاً فيه آثار ضارة، على كل من الإنسان والحيوانات، لذلك ينبغي أن توضع سياسة لاستعمال المولّد الكيماوية التي تعتمد على أنسب وسائل الزراعة وطرق المقاومة اليدوية وعدم اللجوء إلى المقاومة الكيماوية إلا في الحالات الخاصة التي تصل فيها الإصابة إلى درجة تهدم اقتصاديات الزراعة.

ثالثاً: المناخ والطاقة والاتصالات

يمكن أن تشكل عناصر الطقس المختلفة مصادر طاقة هامة، ومن تلك العناصر؛ الإشعاع، والرياح، والمطر. ومن الشائع في الوقت الحالى فكرة البطاريات الشمسية المستعملة في الأقمار الاصطناعية، غير أن مثل تلك البطاريات غير متوفرة للاستعمال عند سطح الأرض، لأنها تبقى تحت ظريف تغيرات الإشعاع، وإذا تدلّ على عدم فاعليتها. ويمكن أن تستخدم حرارة الشمس في تسخين أو تبريد المباني، وتسخين الماء. وباستعمال عواكس على شكل مرايا ذات قطع مكافئ يمكن في آلات طبخ الأطعمة بالإشعاع.

ويمكن أن تستخدم الرياح عن طريق تأثير ضغطها كمصدر طاقة طبيعي، وطواحين الهواء دليل على ذلك. والطاقة الناتجة عن فعل الرياح يمكن أن يعبر عنها بالعلاقة التالية:

$$P = 2 \times 10^6 \text{ a } V^3$$

حيث : P = الطاقة الناتجة (بالكيلوات)

a = مساحة السطح المعرض للرياح (م²)

V = سرعة الرياح (كم / ساعة)

ولفاعلية واقتصادية الطاقة الناتجة، فإن سرعة الرياح يجب أن تكون فوق قيمة معينة، وهذه القيمة مقدارها ٣٠ كيلومتر / ساعة لفترة تزيد عن ٤٠ ٪ من الوقت.

ويعد المطر أيضاً عنصراً رئيسياً في توليد الطاقة، وذلك عن طريق الجريان السطحي لمياه الأمطار. وطواحين الماء، والكهزياء المائية، أمثلة عن فاعلية المطر كمصدر من مصادر الطاقة. وكثيراً ما يخزن جزء من الطاقة الضخمة المصاحبة لسقوط الأمطار بإقامة السدود وخلق بحيرات مائية تستخدم في استخراج الطاقة الكهربائية مثل بحيرة ناصر التي نشأت بعد بناء السد العالي.

وينقل كل من الطاقة والاتصالات في كثير من دول العالم عبر كابلات علوية (هوائية). وتخضع تلك الكابلات للضغط الناجم عن العواصف الثلجية والظواهر الجوية الكهربائية (الصواعق) والرياح، ويصبح الأمر خطيراً فيما إذا صاحبت العاصفة الثلجية رياح شديدة السرعة في آن. وخلال ارتفاع درجات الحرارة بين لحظة وأخرى على عملية النقل (البث) وعلى عمل الأجهزة - كالمفاتيح (السويتشات) والعوازل والمحولات-. كما تعمل الرطوبة الجوية على الحد من عمل بعض قطع الأجهزة الكهربائية. ويتأثر استقبال أجهزة الراديو بالأحوال الجوية، حيث تؤثر على عمل الهوائي Antenne، كما ويتأثر الاستقبال بالتقلبات الجوية من خلال التغيرات التي تحدث في انكسار الموجات.

وتتبع الكابلات الممدودة تحت سطح الأرض عن تأثيرات الجو مما ينعكس على نقل الطاقة والاتصالات، وتكون تلك الكابلات ضد تأثير الماء، بالإضافة إلى أن مناخ تحت سطح الأرض يتصف بانتظامه الملحوظ. غير أن تكاليف الكابلات تكون باهظة، حتى بات سؤال الاقتصاديين عما إذا كان من الأفضل الإنفاق على الصيانة المستمرة، أو الإنفاق على تركيب كابلات جديدة. والارتباط وثيق بين حالة الطقس واستهلاك

الكهرباء، ويبدو تأثير عناصر الحرارة والرياح وقصر طول النهار على طلب الكهرباء حتى أمسّت الكهرباء تستخدم في سائر مجالات الحياة.

رابطة المناخ والنقل والمواصلات

يعتمد نظام النقل في منطقة ما على الظروف المناخية، ولهذا فإن ما يهم هو حالات الطقس المتطرفة أو الشاذة. إذ يتم التعامل هنا مع الظواهر الجوية المتغيرة في فترات قصيرة وليس مع الأحوال المناخية العامة. وغالباً ما تسبب تطرفات - أو شذوذ - الطقس متاعب كثيرة، حيث تزداد حوادث التصادم على الطرقات زيادة كبيرة. وأهم آثار الطقس على النقل تتم من خلال وجود الجليد، وتراكم الثلوج، والاضطرابات الجوية الشديدة، والأمطار الغزيرة، وضعف الرؤية. وبالإضافة إلى الآثار المباشرة الناجمة عن فعل العوامل السابقة، هناك آثار غير مباشرة، كحال تجوية المواد (تعرض مركبات وسائل النقل لأعمال التجوية) وتعديل التشحيم.

ويمكن أن يتم النقل بأربع طرق هي؛ الهواء، الماء، السكك الحديدية، والطرق البرية، ويتأثر كل منها بالمناخ وتقلباته كما يتضح فيما يلي:

النقل الجوي

تقوم مصلحة الأرصاد الجوية في أقطار عديدة بتزويد الكثير من الخدمات إلى الطيران المدني والعسكري. ومن الواضح حالياً أن التوقعات الجوية الدقيقة والمتقدمة قد أدت إلى التقليل من مشاكل الطيران. ويبدو تأثير الأحوال الجوية على الطيران من حيث تأثيرها على المطار (المحطة) والطريق الجوي.

وتبدأ مشاكل المطار بتحديد موقع المطار. وتتعلق مسألة الموقع بالحالة المناخية، حيث يتطلب دراسات لفترة طويلة لما يخص؛ تكرار حدوث الضباب، والارتفاع المنخفض للطيران. وتعد المعلومات عن حدوث الرياح سرعة واتجاهها، وارتفاع السحب، والرؤية، ذات أهمية جوهرية في نجاح عمل المطار. ويبدو غريباً أحياناً، في أن بعض مواقع المطارات اختيرت بشكل غير مناسب. وتكون للعلاقات المتداخلة بين العناصر المتبيروولوجية غالباً أهمية كبيرة، كما في الهبوط على ارتفاعات منخفضة مع رياح تهب من اتجاه معين. ويجب أن تمتلك كل المطارات معلومات من هذا النوع محلة إياها على خرائط فصلية ويومية، والخرائط اليومية تأخذ في الحسبان تخطيط جدول مواعيد الطيران. ويتحدد توجيه المهبط أو المدرج حسب اتجاه الرياح السائدة، ذلك أن الطائرة في هبوطها وإقلاعها تتفق مع الرياح السائدة تقريباً. كما يلزم معرفة درجة حرارة هواء المهبط لحساب استطاعة حمولة الطائرة أثناء إقلاعها.

ومن أهم العناصر المتيورولوجية التي تهتم الطائرة في رحلتها؛ سرعة الرياح، الاضطرابات، السحب، التجمد، والعواصف الرعدية. وتعد معرفة هذه الأمور من الأهمية بمكان لسلامة رحلة الطائرة، مدنية كانت أم عسكرية، علماً أن الطائرة العسكرية مزودة برادار، كما أنها تطير فوق مستوى الكثير من أخطار الطقس. والمعلومات عن العناصر السابقة تلزم لتأمين سلامة الطائرة ولاقتصاديات الطيران، كما يجب توفير معلومات كافية عن الرياح الخلفية (خلف الطائرة) والأمامية، ومستويات الطيران المثلى، وذلك بهدف الحصول على طريق اقتصادي أكثر، والذي يتجنب أيضاً مناطق الاضطراب التي تبرز حيث الحركة الرأسية للهواء، والتجمد الممكن حدوثه.

النقل المائي

أدرك الإنسان منذ آلاف السنين مدى تأثير المناخ على نقل البضائع والبشر عبر الماء. وحتى في الوقت الحالي، كثيراً ما نقرأ أو نسمع خبر فقدان سفينة محملة في أعالي البحار، وأن عدداً من الأحياء قد فقد في البحر بسبب الطقس العاصف. وفي وقت استخدام السفن الشراعية كان الإنسان واقعاً تحت رحمة الرياح، وهذا يظهر كيف أن الإنسان فيما مضى استفاد من المعرفة المناخية محولاً تلك المعلومات التي يملكها عن الرياح - اتجاهها وانتظماً في الهبوب - إلى منفعة اقتصادية.

وفي الوقت الراهن قد تكون الأهمية ليست كبيرة فيما إذا كانت الرياح تهب مسابرة أو معاكسة لوجهة السفن الكبيرة، علماً أن الرياح المعاكسة لها آثار أعظم بكثير من آثار الرياح المسابرة. ومن الواجب على السفن الصغيرة أن تحذر من الرياح القوية التي تحدث فجأة؛ فالسفن الساحلية وسفن البحيرات التي تكون غير مجهزة لمواجهة الطقس الرديء القاسي، فإنها تحتاج إلى تنبيه خاص عن الرياح العاصفية الممكن حدوثها حتى تحتاط منها. ويمكن أن تسبب الرياح العالية السرعة التي تصاحب مع أعاصير الهاريكين (التيفون) أضراراً بالغة في السفن الصغيرة منها والكبيرة.

وللجليد تأثير خطير على النقل المائي، خاصة ذلك النوع الذي يعرف بالجليد الأسود الذي يترسب على السطوح المعرضة للرياح الشديدة البرودة - الرياح الثلجية -، ويؤدي تكرار حدوث الجليد إلى صعوبة عبوره من قبل السفن الصغيرة، وحتى السفن الكبيرة. والكثير من الطرق المائية العالمية تتجمد لفترة من السنة، ولذا ينبغي الاستفادة من المعرفة المناخية للتنبؤ عن المواعيد التقريبية لتجمد تلك الطرق وخلوها من الجليد. والمعلومات من هذا النوع ذات أهمية اقتصادية بارزة في البحيرات الكبرى وما حولها في أمريكا الشمالية، إذ اكتشف أن تاريخ تكسر الجليد يكون مرتبطاً بارتفاع درجة الحرارة

المعتدلة في شهر فبراير. وفي المناطق أو الفصول التي تكون فيها فترة الجليد قصيرة، فمن الممكن استخدام محطات الجليد للمحافظة على القنوات الملاحية مفتوحة بصورة دائمة.

وتختار الموانئ عادة بشكل يتوفر لها الحماية من مخاطر الطقس خاصة الرياح العالية السرعة، والبحار العالية الموج، التي يمكن أن تضرب السفن الراسية قبل أن يكون لها الحظ لتنتقل خارج العاصفة. ويشكل الضباب خطراً على الموانئ، خاصة تلك التي تقع في أو قرب المدن الكبرى حيث يحدث الضباب الدخاني.

وأثناء تحميل وتفريغ البضائع والسلع تكون الأحوال المناخية غاية في الأهمية، حيث أن بعض السلع تتلف بتعرضها لعناصر المناخ. كما أن نقل المواد القابلة للفساد تتأثر أيضاً بالظروف الجوية، ولهذا يتقرر ما إذا كان من الضروري استعمال التبريد أو التبريد للوقاية من التلف أو الفساد، والاتجاه الحالي لحل المشكلة هو: بالتخزين ضمن السفن باستعمال ماء البحر البارد لتبريد المواد المخزونة، وهذا ما يجنب الحاجة إلى أجهزة التبريد الباهظة التكاليف.

وقد تتعرض الطرق المائية على اليابس - كما في القنوات الملاحية - إلى موجة جفاف تسبب نقص في كمية المياه الجارية، وبالتالي انخفاض في حركة السفن أو حتى توقفها كلياً، كما يحدث أثناء السدة الشتوية في مجرى نهر النيل وفرعيه والرياحات المائية في مصر.

السكك الحديدية

كأنت السكك الحديدية أداة في فتح مناطق وبلاد عديدة، مساهمة أيضاً في التطور السريع لتلك البلاد قبل اختراع الطائرة. ويبدى المهندسون في مواجهتهم للمشاكل الكثيرة مع النقل بالسكك الحديدية أهمية للعوامل المناخية بعدما أصبحت السكك الحديد محط أنظار الناس وطمأنينتهم، حتى بعد أن أصبح السفر متاحاً في الجو أو البحر أو البر. ففي حالة الظروف الجوية القاسية - من تراكم الجليد والثلوج والرياح الشديدة - فإن الكثير من المسافرين يهجرون وسائل النقل الأخرى ويلجأون إلى السفر بالقطار لثقتهم بطريقة الدائم الآمن لهم ولبضاعتهم. وأثناء فترات الضغط المناخي على السكك الحديدية، فإن الإشارات والجسور تخضع لتأثير العناصر المناخية، بجانب مشاكل أخرى قد تحدث في حالة تأثر شبكة الاتصالات نفسها بالأحوال المناخية..

ومع أن السكك الحديدية تلعب دوراً هاماً في نظام النقل في المملكة المتحدة، إلا أنها

تعرض في كثير من الأحيان لتأثير كل من؛ الجريان المائي السطحي الشديد، والثلج الشديد التراكم، والانزلاقات الأرضية، والرؤية المنخفضة، ودرجات الحرارة المنخفضة جداً، التي تحدث الدمار والخراب في نظام السكك الحديدية. ويؤدي الطقس الجيد إلى اجتذاب مسافرين أكثر إلى السكك الحديدية، إلا أن التأثير الأكبر يكون على نقل البضائع. وفي المملكة المتحدة التي تتوفر فيها المياه، وتكثر الأراضي الزراعية، والتجمعات البشرية الكبيرة، تكون بحاجة كبيرة لوسائل نقل سريعة لنقل المحاصيل الزراعية ونتاج البحر إلى مراكز الاستهلاك خلال أقصر وقت ممكن للمسافة المعطاة التي تتحملها البضاعة دون أن تفسد. وفي أثناء الطقس الحار فإنه ينبغي إما استخدام التبريد أو العمل على إنقاص الزمن اللازم لنقل السلع.

الطرق البرية

يؤثر الطقس على الطرق البرية من خلال وجودها، وإنشائها، وعملها والمحافظة عليها. ففي أثناء إنشائها فإن موقع الطريق والمادة المستخدمة في إعداده لتفادي مخاطر الطقس هي الأكثر أهمية. ففي المناطق الباردة جداً، على سبيل المثال، والتي تعاني من الجليد فإنه من غير الحكمة استخدام الطريق الأسفلتي، وفي أجزاء عديدة من روسيا تستخدم الطريق كتلاً من الخشب المغروسة رأسياً لتقليل تأثير الثقل الذي يحدث أثناء الاختلافات الفصلية. ولا تستطيع سطوح بعض الطرق من مقاومة تغيرات درجات حرارة السطح في فترة الصيف التي ينجم عنها تمدد وتقلص يقودان إلى التشقق والاهتراء، وتزداد تكاليف الصيانة في مثل هذه الطرق، خاصة الطرق غير المصقولة فيما إذا بقيت مفتوحة للمرور خلال الفصول المطيرة.

وفي الحالات التي يكون فيها الطقس ردياً، فإن عوامل السلامة تنخفض؛ والرؤية المنخفضة تكون لها خطورتها على السفر بالسيارات. كما أن حوادث الانزلاق الأرضية تدعو إلى الحرص في القيادة، والرياح العالية السرعة يمكنها أن تجرف السيارات من الطرقات في الأماكن المكشوفة. أما إذا كان الطقس حسناً، فإن عدد مستخدمي الطرق سيزداد زيادة كبيرة، وقد ينجب عن ذلك انخفاض حركة السير، وفقدان مرونة الحركة، ووقوع حوادث طرق. وفي الكثير من الطرق الجبلية - حيث التجمد الليلي - يلعب ذوبان السطح عند ارتفاع درجة الحرارة أثناء النهار إلى ما فوق حوالي ٢٧°م دوراً بارزاً، كالدور الذي لاحظناه في حال السكك الحديدية في الطقس الحار، حيث تزداد مشاكل التدهور نحو المنخفضات.

المناخ وطرق النقل والمواصلات في بيئة دلتا النيل

ليس من السهل أن نحدد بدقة تأثير المناخ على طرق النقل ووسائل المواصلات في بيئة دلتا النيل، كما هي الحال في بيئات أخرى يظهر فيها تأثير هذا العامل أكثر وضوحا. فالدلتا لاتعرف ظروفا مناخية صعبة تقطع طرق النقل وتعرقل وسائل المواصلات كسقوط الثلج بكثرة، وهبوب العواصف الشديدة، وتراكم الضباب بكميات تزيد من إنخفاض الرؤية.

وأيا كان الأمر، فإن لحالة الجو في دلتا النيل بعض التأثير في هذا الشأن. فنظرا لأن كثيرا من طرق النقل هنا طرق ترابية، فإنها تتحول مع سقوط المطر إلى دروب من الأرواح التي تقف عائقا أمام وسائل المواصلات البرية (ماعدا السكك الحديدية) فينقطع بذلك الاتصال بين المحلات العمرانية، وبصفة خاصة الريفية منها. كما وقد تسبب العواصف الترابية التي تصاحب رياح الخماسين اضطراب حركة الطيران فوق الدلتا. حيث تقل الرؤية ويهبط مستواها مما يؤدي إلى خطورة هبوط الطائرات في مطارات الدلتا (القاهرة - الاسكندرية)، فضلا عن ذلك فإن شدة العواصف الهوائية على الجهات الساحلية في فصل الشتاء لتؤثر على حركة الموانئ (الاسكندرية - بورسعيد) إذ أن بوغاز الميناء يتوقف أثناءها وتمنع السفن من الدخول إليها. ونتيجة لحالات الاستقرار التي تسود جو دلتا النيل في بعض أيام فصل الشتاء، فتجمله شديد البرودة ليلا، ودافئا نهارا، فيؤدي ذلك بحادة إلى تكوين السحب المنخفضة والضباب في الصباح الباكر، فتتخفص بذلك الرؤية وتغلق المطارات أمام الطائرات الهابطة، كما تكثر حوادث السيارات على الطرق البرية السريعة، سواء بين المدن أو داخلها. فقد حدث مثلا مع تكون الضباب الذي استمر لفترة ثلاثة أيام فوق الدلتا (٢٩ - ٣١ ديسمبر ١٩٧٠) أن أتعدمت الرؤية تماما، مما أدى إلى تصادم أربع سيارات على الطريق الزراعي (عند قويسنا وطوخ). وفي القاهرة تسبب هذا الضباب أيضا في اصطدام ١٠ سيارات دفعة واحدة في شارع رمسيس.

ومن جهة أخرى، فإن للظروف الجوية في دلتا النيل، بما تمتاز به من ظواهر مناخية قلما نجدها في بيئة أخرى، تعمل على تسهيل وسائل النقل والنقل النهري بصفة خاصة، فبحكم البيئة النيلية في الدلتا التي تتميز بأن أى مكان فيها لا يبعد عن فرعي النيل وترعة الملاحة بأكثر من كيلو مترات قليلة، تظهر أهمية النقل النهري من حيث ربط جهاتها ببعضها البعض، ولا يتم ذلك إلا بتضافر الرياح مع تيار الماء في الفرعين، فالرياح الشمالية السائدة تساعد الملاحة ضد التيار نحو الجنوب، والتهر بانحداره من الجنوب انحدار تدريجيا (١ : ١٤,٠٠٠) يسهل الملاحة نحو الشمال.

الفصل الثامن

المناخ والسكن وبيئة الحضر

(مع التطبيق على بيئة دلتا النيل)

المناخ والسكن وبيئة الحضر

(مع التطبيق علي بيئة دلتا النيل)

مقدمة

لقد عاش أجداد الإنسان العاقل عراة حفات معرضين لتأثير الظواهر الجوية مباشرة، ثم ما لبثوا أن شعروا بالحاجة الماسة لحماية أنفسهم من قسوة الطقس وتقلباته بعدما أخذوا بالنقل إلى مناطق أخرى، كما أصبحوا أقل وقاية طبيعية^١. وإذا كان الإنسان في مراحل تطوره الأولى تعوزه التقنيات التي تتوفر للإنسان الحالي والتي وفرت له مسكناً يأوي إليه عرن ويجد فيه جواً يتلاءم مع متطلبات جسمه، فما كان أمام الإنسان الأول سوى القبول بالمأوى الذي زودته به الطبيعة والذي كان على شكل كهوف. ولقد وجد الإنسان القديم في الكهوف صالته، حيث أنه حماه من هجوم الأعداء من جهة والحيوانات المفترسة من جهة ثانية، كما وقاه من قسوة الطقس من جهة ثالثة.

وإذا كانت حياة الإنسان الأولى قد اضطرنه إلى العيش في مدخل الكهف لكي يحصل على كفايته من الضوء في أثناء ساعات النهار، فإنه فيما بعد اكتشف النار التي ساعدته بضوئها وحرارتها على استقرار حياته داخل الكهف، ولقد أوضح سوتون Sutton (١٩٤٥) من خلال دراسات قام فيها في مصر، كيف أن المدى الحراري اليومي يتغير من ٤٠ م في خارج الكهف إلى ١١ م عند مدخل الكهف، ليتناقص إلى أقل من ٣ م على مسافة ١٥٠ متر من مدخل الكهف. وفي المناطق الحارة فإن درجة الحرارة الخارجية المرتفعة جداً تتحول إلى درجة حرارة منخفضة مع ارتفاع في نسبة الرطوبة (تقارب من ١٠٠٪) في داخل الكهف ولقد كان سكان استراليا الأصليون يبنون لأنفسهم بيوتاً بسيطة مكونة من جذوع الأشجار ومتخذة شكلاً مزوى - وليس عمودياً - كي تقلل نسبة الفاقد من الحرارة بالإشعاع الليلي. وجاء استخدام الخيام Tents تلبية لحاجة البدو الرعاة المتنقلين مع قطعانهم تابعين الأمطار وأماكن نمو الكلا. ولقد وفرت تلك الخيام للبدو الحماية من الأمطار والإشعاع الشمسي، كما سمحت بالتهوية التي كانت تقوم بعملية التبريد وتلطيف الجو.

وما أن بدأ الإنسان في الاستقرار حتى تحول إلى المواد الطبيعية المتوفرة في بيئته، وهي أما الأخشاب أو الصخور أو الأتربة يستخدمها في بناء سكن يحمي نفسه وعائلته

حماية ملائمة لكافة فصول السنة. وعبر السنين الطوال طور الانسان نموذج بنائه من خلال وسائله المحددة أخذاً في الحسبان التطور التكنولوجي، بهدف الى الحد الأدنى من التطرفات في طقس المنطقة التي يعيش فيها، وكانت ملاحظاته الدقيقة المستمرة معيناً له في وضع التصميمات الملائمة لأماكن سكناه.

ولقد أدرك معظم مهندسي العمارة في الوقت الحاضر أهمية تأثير المناخ على المبنى، فالدراسات التي قدمت في هذا الميدان تعد نقطة بداية أصيلة. وبعد أن تأكدت أهمية هذه الدراسات عقدت منظمة اليونيسكو ندوة خاصة في أثناء انعقاد المؤتمر العالمي الثالث للأرصاد الجوية الحيوية في عام ١٩٦٣ لدراسة المناخ داخل الغرفة Indoor Climate في المناطق الجافة والرطبة، وكذلك الموضوع الذي نشرته اليونيسكو (١٩٧١) والذي يركز على المناخ ودوره في تصميم المسكن وبخاصة ما يتلاءم مع المناخات الحارة.

أولاً: المناخ وتصميم المسكن

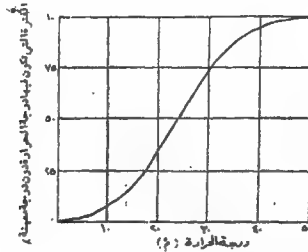
تلعب الظروف المناخية السائدة دوراً كبيراً في تحديد العديد من مظاهر المبنى؛ كاختيار الموقع، ومولد البناء المستخدمة. ويمكن تلخيص المعلومات المناخية الرئيسية التي يحتاجها المهندس المعماري في أربعة عناصر مناخية هي: درجات الحرارة، التهوية، وضغط الرياح، صوم النهار، والسماء.

(١) درجات الحرارة

لمعرفة الشحنة الحرارية على أي مبنى ينبغي أن نعلم دور العناصر المتعددة المتحركة في معادلات توازن السخونة، وأن نعرف ذلك بالنسبة لفصول السنة المختلفة، وينبغي على المهندس المعماري أن يعرف درجات حرارة الهواء، والإشعاع الشمسي، والرطوبة النسبية، سرعة الرياح، بالإضافة إلى ذبذبات تلك العناصر المتحركة. والعلاقات المتداخلة بين تلك المتغيرات. ولكن لسوء الحظ لا تتوافر معلومات دقيقة وذات قيمة إلا لمناطق محدودة المساحة في العالم، كما أن تلك المعلومات قد لا تتوافر على مستوى المناخ التفصيلي للمكان. وفي أثناء الممارسة العملية فإن المهندس المعماري الذي يمتلك قدراً كبيراً من المعرفة بالظواهر المناخية العامة للمنطقة وتردداتها تعطيه القدرة على فهم الكثير من الاختلافات التي ترجع الى عوامل المناخ التفصيلي في مكان ما (على موسى، ١٩٨٢).

وتعد معرفة الصفات الحرارية بالإضافة إلى الرطوبة النسبية من التفاصيل الهامة التي ينبغي معرفتها. وتبدر المشكلة هنا حول كيفية أعداد المعطيات المناخية للمهندس المعماري، ولربما تكون طريقة تمثيل درجات الحرارة والزمن في شكل بياني أفضل طريقة (شكل رقم: ٨-١) وبوجه عام ليست هذه هي الطريقة الوحيدة لأعداد المعلومات الحرارية، ذلك أنه

بالإمكان الحصول على بيانات مفيدة عن درجة الحرارة تستعد أما من المتوسط الشهري للحرارة العظمى والصغرى، أو من درجات الحرارة المتطرفة التي يمكن حدوثها في هذه المنطقة أو تلك .



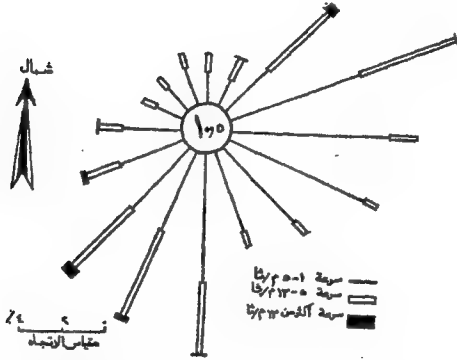
(شكل رقم: ٨-١)، توزيع درجات الحرارة مع الزمن

(٢) التهوية وضغط الرياح

تقوم ورودة الرياح المركبة بتمثيل عنصرى الاتجاه والسرعة للرياح لأى شهر من شهور السنة (شكل رقم: ٨-٢) . ولذا ينبغي أن تتوفر معلومات تفصيلية عن اتجاهات الرياح وسرعتها حتى يمكن اعطاء صورة واضحة عن التهوية وضغط الرياح على موقع ما . وإذا كانت المعلومات المستمدة من محطة أرصاد جوية قريبة للموقع سيتمكن المراد البناء فيه مناسبة للاعتماد عليها مباشرة، فإن المناخى بعد فحص الموقع من تقرير ما اذا كان موقع البناء يمكن توفير الحماية له من الرياح الضارة باستخدام مواد طبيعية أو من صنع الإنسان، أو أنه معرض ومكشوف الى حد كبير لأضرار الرياح بحيث تستلزم وقايته جهود كبيرة ونفقات مادية باهظة .

وحيث أن سرعة الرياح تتزايد مع الارتفاع من سطح الأرض لذا فإن على المصمم أن يدخل ذلك فى حسابه، وعليه أيضا أن يأخذ فى الحسبان أن هذه القاعدة تنطبق فقط على المناطق التي تهب فيها الرياح لفترات طويلة وحيث تكون السطوح منتظمة الى حد ما، كما أنها لا تنطبق على المدن أو الضواحي ذات المباني أو الكثيفة . ولقد أظهرت الدراسات المتخصصة ان سرعة الرياح فى الطوابق الأولى فى مدينة مركزية مكشوفة تكون ثلث سرعتها فى الهواء الحر، لتتزايد الى حوالى الثلثين فى الطابق الوسطى ومناطق الضواحي، ولتتعادل السرعة فى الطابق العليا مع سرعة الهواء الحر. ويمكن أن

نستمد من دراسة حركة الهواء في الأراضي الغابية والفسحات الموجودة بينها الكثير من المعرفة عن حقيقة اختلاف ضغط الرياح وسرعتها مما يعطى الفرصة لاختيار موقع جيد للبناء (على موسى، ١٩٨٢).



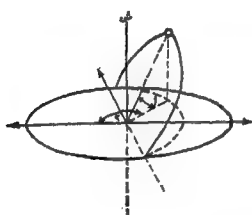
(شكل رقم: ٨-٢)، وردة الرياح المركبة، سرعة واتجاه.

يُضغَط الرياح على المبنى أهمية كبيرة، فالمبنى يجب أن يصمم على أساس إمكانية مقاومته للرياح الشديدة. ويتناسب ضغط الرياح طردياً مع مربع سرعة الرياح مضروباً في العامل المعتمد على شكل المبنى. فبالنسبة لمنزل سكني فإن ضغط الرياح الديناميكي عليه يكون حوالى ١٤ جرام/متر مربع في حالة سرعة الرياح تقارب من ١ كيلو متر/ساعة، ويرتفع هذا الضغط الى حوالى ٢٥ كيلو جرام/متر مربع عندما تصل سرعة الرياح إلى ٥٠ كيلو متر/ساعة.

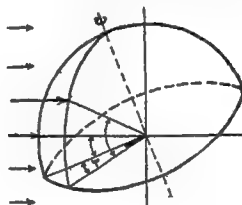
(٢) الضوء

للاضاءة الطبيعية دور لا يقل أهمية عن دور الكثير من العناصر المناخية الأخرى، إلا أنه إذا كانت فاعلية بعض العناصر - كالرياح - تتضح في الأجزاء الخارجية من المبنى، فإن الاضاءة تتركز في داخل المبنى. وإذا كانت المعلومات المتوافرة عن الضوء قليلة - لأن القياسات التي تقدمها محطات الرصد الجوى والتي تنحصر في عدد ساعات شروق الشمس، وكمية الاشعة الواصلة الى السطح - لا تحقق كل ما يتطلبه المصمم. لذا فإن

الاتجاه لحل هذه المشكلة يعتمد على زاوية ميل الأشعة، والوجهة التي تأتي منها هذه الأشعة، والمدى الزاوي لتغير هذه الوجهة. وهذا يستلزم معرفة زاوية ارتفاع الإشعاع Solar Altitude^(١)، وزاوية سمت الشمس Solar Azimuth^(٢)، وزاوية الزمن Hour Angle^(٣)، وتتبع أهمية هذه الزوايا من أنها تحدد موقع الشمس بالنسبة لمكان ما على سطح الأرض مما يسهل معرفة كمية الأشعة الشمسية التي يتلقاها، وتسهل أيضا معرفة زاوية سقوط الأشعة وكذلك معرفة المساحة المعرضة لأشعة الشمس والمظللة في الأسطح المختلفة. وباستخدام الزوايا الشمسية السابق ذكرها (شكل رقم: ٣-٨)، يمكن صنع خرائط تقدم صورة عن حركة الشمس النسبية طوال العام بالنسبة لمكان ما. كما أن معرفة زاوية سقوط أشعة الشمس على الأسطح الأفقية والعمودية لأي بناء طول النهار يسهل على المعمارى ادخال الوسائل المناسبة في تصميم المباني لحجب أشعة الشمس عن بعض أجزاء البناء أو السماح لها بالنفاذ الى الداخل. ومما لا شك فيه أن المعلومات السابقة تعطى الفرصة الكبرى للمصمم لتحديد الكثير من مواصفات البناء؛ كموقع منافذ المناور، وحجم وموقع سقف الشرفات التي تحجب أشعة الشمس العالية والتي تسمح للأشعة الأقرب الى الوضع الأفقى من الدخول الى الغرفة.



٢ - زاوية سمت الشمس



١ - زاوية ارتفاع الشمس

٢ - زاوية الزمن

(شكل رقم: ٣-٨): الزوايا الشمسية

- (١) زاوية ارتفاع الشمس، هي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين نقطة على سطح الأرض ومركز الشمس، والمستوى الأفقى الذى يمر فى المنطقة المذكورة على سطح الأرض.
- (٢) زاوية سمت الشمس؛ هي الزاوية المحصورة بين الخط المار فى النقطة على سطح الأرض والمنجبه جنوبا، وبين المسقط الأفقى للخط الواصل بين النقطة على سطح الأرض والشمس.
- (٣) زاوية الزمن؛ هي الزاوية الواقعة على المستوى المار فى خط الاستواء والمحصورة بين مسقط الخط الواصل بين مركزى الأرض والشمس، ومسقط الخط الواصل بين مركز الأرض والنقطة على سطح الأرض.

(٤) التساقط

لسقوط الأمطار تأثير فعال على الأجزاء الخارجية الظاهرة من المبنى، فهي تؤثر في المواد الداخلة في المبنى، كما تؤثر في الطبقة الخرجية المقاومة، وعلى مجارى الماء. وعندما تصاحب الأمطار رياح شديدة السرعة فإن تأثير الأمطار قد يصل حتى الأجزاء الداخلية من المبنى. وفي الوقت الحالى عرفت أهمية زاوية اصطدام المطر، ففي اقليم مدينة لندن تتفاوت زاوية اصطدام المطر الساقط من ٣٠ درجة عن الوضع العمودى فى الشتاء الى ١٥ درجة فى الصيف. وفى كثير من المناطق المدارية تسقط الأمطار بغزارة شديدة، وفى وضع أقرب إلى الوضع العمودى. وفى حالة معرفة اتجاه الرياح السائدة فإنه من الممكن صنع شرفات وجدران واقية تحمى جدران المنازل المكشوفة من وطأ المطر. ولقد درس ثين Their (١٩٣٨) مدى اختراق المطر للمنازل، واستنتج العلاقة التالية:

$$Q = M \times N \times S^2$$

حيث Q = مدى اختراق المطر، M = أقصى كمية مطر فى خمس دقائق
(بالمليمتر)، S = سرعة الرياح خلال خمس دقائق (متر / ثانية).

وتبدأ الأمطار بالاختراق حينما تصل قيمة (Q) الى أكثر من ١٠٠. وتظهر هذه العلاقة أهمية غزارة الأمطار الساقطة فى فترة زمنية قصيرة كعامل أساسى، لذا ينبغي على المصمم أن يوفر وجود سقف كاف وأرض لتصرف الماء، وذلك فى حالة تجمع مقدار كبير من الماء فوق سطح التجمع؛ فمثلاً، نجد ان سقوط كمية من الأمطار مقدارها ٥ ملليمتر فوق سقف مساحته ٥٠ متراً مربعاً تعادل حوالى ٠,٢٥ متراً مكعب من الماء (٢٥٠ كيلو جرام متر).

(٥) المناخ وموقع المبنى

إذا كان المناخ العام يشتمل بين ظاهريته على المناخ التفصيلى، فإن مناخ مكان ما لا يتحدد بواحد منهما فقط، بل هو نتيجة لمؤثرات المناخ العام من جهة والمناخ التفصيلى من جهة أخرى. وإذا كانت معلومات المناخ العام التى يتطلبها المهندس المعماري متوفرة لكل الامكنة تقريباً، فإن معلومات المناخ التفصيلى قليلة رغم أهميتها. ومما لا شك فيه أنه فى النماذج المناخية كافة يسود المناخ العام، إلا أن المناخ التفصيلى بامكانه أن يعدل من الاشكال المناخية العامة. وتحدث التعديلات أو التغيرات التى تصيب المناخ العام بفعل التضاريس المحلية، والمسطحات المائية، والغطاء الأرضى. فالتضاريس يمكنها أن تغير من شحنة الاشعاع على بناء ما بسبب الظل أو الانعكاس، إلا أن التأثير الرئيسى يظهر جلياً على حركة الهواء، حيث تعمل الأودية كقنوات تحدد وجهة سير الرياح، كما أنها

تعطي دفعا للحركة الهابطة للهواء، وتساعد على تشكيل بحيرات من الصقيع. وبالإضافة إلى ذلك فإن المنحدرات المكشوفة تؤدي إلى ازدياد الجهد البنائي، كما أن الرطوبة التي تجلبها الرياح المتزايدة السرعة تكون أكثر. وإذا كانت حركة الهواء تلعب دوراً محدداً في تعديل درجات الحرارة والرطوبة، فإن تأثيرها يكون كبيراً من حيث أنها تقوم بنقل الملوثات من مناطق بعيدة.

وينبغي أن يؤخذ قرب الموقع من المسطحات المائية الكبيرة في الحسبان، وذلك نتيجة لوجود ظروف مناخية محلية متبثلة في هبوب نسيم البر والبحر، وما لهذا من دور في اختيار موقع المبنى، خاصة وأن درجات الحرارة تتعدل في الليل كما في النهار. والغطاء الاصطناعي للسطح المواجه لهبوب الرياح السائدة له تأثير بارز على المناخ: فعلى سبيل المثال ترفع الامتدادات الكبيرة لمادة الإسفلت أو الحجارة أو الخرسانة المسلحة كالتي تشاهد في أماكن وقوف السيارات أو أرض المطارات أو طرق السكك الحديدية، من درجات حرارة الهواء أثناء الظهيرة التي يمكن أن تؤثر في المواقع المجاورة.

وإذا كانت الأراضي التي تغطيها الحشائش أو التي تسود فيها الأشجار تعدل من درجات الحرارة المرتفعة في أثناء النهار، فإن زيادة الرطوبة النسبية تخلق شعوراً ببرد ليلى رغم أن فقدان الحرارة يكون أقل مما لو كانت الأرض جرداء خالية من النبات، ومع هذا فإن درجة الحرارة الليلية في الأراضي المغطاة بالنباتات تكون أعلى مما في الأراضي الجرداء. وتؤثر المنشآت المجاورة في المناخ بعدة طرق، فهي تقف في مواجهة الأشعة الشمسية بحيث تحجبها عن بعض المواقع مما ينتج عنه آثاراً عدة في المدينة.

(٦) التكيف (أو التعديل) بواسطة المناخ والتصميم

ذكرنا سلفاً أن لموقع المبنى مناخاً خاصاً ينفرد به، والذي من الجائز أن يكون مناخاً غير مرغوب فيه. وعلى أية حال، فإن الاتجاه المنطقي نحو إيجاد مناخ تفصيلي مرغوب فيه يركز على مواد المبنى والتصميم والموقع. ورغم أخذ المباني الفردية فقط في الحسبان إلا أنه من الممكن أن تمتد فكرة التكيف أو التعديل المناخي هذه لتشتمل مظاهر تخطيط المدينة، كإقامة المتنزهات، وترسيع الشوارع، فما المبنى سوى مركب من المواد؛ كمواد المبنى الصلبة التي تمتص الأشعة وتعكسها أو الزجاج الذي يمتص ويعكس ويمرر أشعة الشمس. وإذا كان المطلوب هو تدفئة المبنى فإنه ينبغي أن تكون مادة المبنى من النوع الذي يسمح بدخول الأشعة إلى المبنى ليتم امتصاصها من قبل الجدران الداخلية ليعمل على تسخين هواء الغرفة، أما إذا كان المطلوب هو العكس أي التبريد فإنه يجب العمل على التقليل من دخول الأشعة الحرارية إلى المبنى.

ولتوجيه المبنى أهمية كبرى بالنسبة للتكييف والتلاؤم المناخى والتصميم على المستوى الإقليمى. وتعد عملية توجيه المبنى على مكان معين مسألة تحتاج إلى اهتمام خاص. فالمباني المنتظرة على جانبى شارع متعاكسين لها مناخات مختلفة، فقد يوجد فى المبنى مطبخ يكون معرضا لأشعة الشمس فى النهار، بينما الآخر يكون واقعا تحت تأثير الرياح الشمالية الباردة ولا تدخله أشعة الشمس.

ومما لا ريب فيه أن زاوية سقوط أشعة الشمس تحدد كمية الطاقة الحرارية الواقعة على هذا السطح أو ذاك، فكلما كانت الأشعة الشمسية الساقطة على سطح ما أقرب إلى الوضع العمودى ازدادت كمية الطاقة الحرارية الواقعة عليه. وفى العروض العليا تكون كمية الأشعة التى تتلقاها الجدران الشمالية قليلة، وهكذا الحال أيضا فى العروض المعتدلة، حيث نجد أن الجدران الجنوبية هى التى تتلقى معظم الحرارة الإشعاعية. فالواجهات الجنوبية تتمتع بخصائص متميزة عن غيرها من الواجهات بسبب أن شدة أشعة الشمس التى تسقط عليها لفترة أطول خلال النهار تكون أكبر، وهذا ما يظهر بصورة أوضح كلما ابتعدنا عن خطى المدارين تجاه القطبين. أما فى المناطق الاستوائية حيث تتحرك الشمس فى حركتها الظاهرية - شمالاً وجنوباً - خلال السنة، يكون الاختلاف بسيطاً فى كمية الأشعة التى تتلقاها الجدران من أى اتجاه. وفى المناطق شبه المدارية فإن أشعة الشمس الصباحية قد تكون أكثر تلطيفاً من الأشعة المسائية، حيث أن أشعة المساء تأتى فى الوقت الذى منازل فيه درجة حرارة الهواء مرتفعة، وبذا فأنها قد تسبب زيادة فى التسخين، وتعطى شعوراً بعدم الراحة. وإذا كانت للواجهات الجنوبية للمباني فى العروض المعتدلة والعليا تلك الخصيصة التى تحدد امكانية حصول تلك الواجهات على أكبر كمية ممكنة من الأشعة الشمسية التى تساهم فى خلق الدفء، خاصة فى فصل الشتاء، فإن الأمر يتطلب التقليل من الحرارة فى فصل الصيف، وذلك يحجب تأثير الأشعة الشمسية، وهذا يمكن أن يتم ببناء مظلة فوق الحائط الجنوبي ممتدة الى الخارج بحيث تحجب أشعة الشمس أثناء الصيف ساعات طويلة، بينما لا تعرقل نفاذها الى داخل المبنى فى الشتاء. وهكذا يمكن القول أنه فى حالة تقديم تصميمات معمارية مراعية للظروف المناخية، فإنه بالإمكان الاستفادة من الموارد الطبيعية للحد ما أمكن من التكاليف الصناعية (على موسى، ١٩٨٢).

أما بما بالنسبة بحركة الهواء، فمن غير المرغوب فيه أن يكون الجانب الطويل من المبنى معرضا للرياح الشديدة السرعة، إلا فيما يتعلق بأغراض التبريد. ولأجل الراحة، ولتقليل فقدان الحرارة فإنه ينبغي أن توفر للمداخل حماية كلما أمكن ذلك.

المناخ الداخلي للمبني (مناخ الغرفة).

فى كل ما ذكرناه سلفا كان الاهتمام بمعالجة المناخ الخارجى للمبنى إلا أن ما يهد القاطنين هو المناخ الداخلى (مناخ الغرفة) ، فقد يكون المناخ خارج الغرفة مزعجا، إلا أن مناخ الغرفة قد يكون مريحا. ويعتمد مناخ الغرفة على عدة عوامل تتضمن: المناخ الخارجى، مواد المبنى، التوجيه، حجم النوافذ وشكلها، التهوية، وكذلك الاضافات الاصطناعية الممثلة فى التسخين والتبريد.

لقد قام اللباحثون المتخصصون بأخذ قياسات لدرجات الحرارة أثناء الظهيرة فى يوم سماؤه صافية لكل من الاسطح الخارجية والداخلية للجدران (جدران الغرفة) . وأظهرت تلك القياسات أن هناك فرقا مقداره ٢٢ مئوية بين درجات الحرارة الخارجية للجدران المشعة وغير المشعة، تنخفض هذه القيمة إلى قرابة ٣ مئوية - فى الداخل - فيما بين الاسطح الداخلية للجدران نفسها. كما تبين أن الجدار القرميذى البالغ سماكته ١٠ سنتيمترا يخفف المدى اليومى للحرارة فى الداخل الى حوالى $\frac{1}{6}$ ما هو عليه عند السطح الخارجى للحائط.

أما فيما يتعلق بالتلكؤ أو التأخير فى فترة حدوث درجات الحرارة المتطرفة داخل المبنى مقارنة مع خارجه، فأن التلكؤ يكون عموما فى حدود ٣-٤ ساعات. وتنطبق الفترة الأشد حرارة داخل الغرفة مع الفترة التى تقوم فيها العائلات بالطبخ وتناول الطعام مما يرفع من كمية الحرارة. وإذا ما أراد قاطن الغرفة أن يحظى بالراحة فينبغى عليه أن يحافظ على أرضية الغرفة وجدرانها دافئة، وأن يعطى أهمية لعاملى فقد الحرارة بالإشعاع والتوصيل. لذا فأن الجدران ذات السعة الحرارية الكبيرة هى الأفضل إذ أنها تحفظ درجات حرارة أعلى أثناء ساعات الليل، وهذه حقيقة مفيدة واقتصادية يستفاد منها خلال نوبات البرد الطويلة. وتفقد أرضية المبنى الاسفلتية حرارة أكثر مما تفقده الأرضية المكونة من الخرسانة (الاسمنت المبلج) ، بينما تكون الأرضية المكونة من خشب صلب حافظة جيدا للحرارة. وإذا كانت الأرضية الطينية والجدران المكونة من الطوب اللين تمنح جو الغرفة مميزات متمثلة فى الحفاظ على درجات حرارة معتدلة، فأن الجدران الاسمنتية لانتفاض سعتها الحرارية مقارنة مع الجدران الطينية تجعل التغيرات الحرارية داخل الغرفة واضحة بشكل بارز. وكلما ازداد سمك الجدران ازدادت كتلتها وكبرت سعتها الحرارية، لهذا فأن الجدران السمك تفضل على الجدران القليلة السمك. وفى الوقت الحالى شاع استخدام مواد عزل حرارية خاصة توضع أما فى داخل الجدران أو عند خارجها للابقاء على جو غرفة تاخلى مقبول. كما أن لون الطلاء المستخدم لأسطح الجدران الخارجية له دور فى تحديد كمية الحرارة المنعكسة والمنقولة إلى اسطح

الجدران الداخلية، فأنطلاء المائل للسواد قدرته الامتصاصية أكبر من قدرة الطلاء المائل للبياض. كما أن استعمال النوافذ ذات الزجاج المزدوج (طبقتين من الزجاج) مع وجود مسافة قليلة بين طبقتي الزجاج كفيل بتقليل الحرارة المنقولة بالتوصيل، ذلك لأن الهواء ناقل ردي للحرارة. وتعد التهوية الكافية ضرورة هامة في الغرف كافة. ويكون الهواء - في الغرف - منطبقاً حرارياً حسب كثافته، حيث يكون الهواء البارد عند مستوى الأرض والهواء الحار بالقرب من السقف، وفي حال القيام بأى تهوية طبيعية - عبر النوافذ - أو اصطناعية - بواسطة المراوح - فإن الهواء يميل نحو الاستقرار منطبقاً حسب كثافته.

التسخين والتبريد

من غير الممكن في دراسة التسخين والتبريد دراسة المباني جميعها معاً، بل من الأفضل تقسيمها الى نوعين هما: المباني العامة التي يمكن أن يحتشد فيها عدد كبير من المترددين والعاملين، والمباني الخاصة.

ورغم الأزمة الحالية للطاقة، فإن المشاكل المناخية في المباني العامة الكبيرة تعتمد في حلها على بناء مقصوره كبيرة بنوافذ أو دبرن نوافذ تستخدم فيها الاضاءة الاصطناعية والتكييف الهوائى الذى يوفر أجواء مثلى للعاملين والمترددين الذين يمكنون فيها. ولهذه الطريقة محاسن اضافية في المدن الكبيرة، فالنقص في النوافذ المفتوحة يقلل من تلوث الهواء داخل المبنى، وبالتالي فإن الاشخاص يستنشقون هواء نظيفاً ونقياً. وبهذه الطريقة يمكن توفير ظروف مثلى للعمال في أماكن عملهم مما يعمل ذلك على زيادة في الانتاج. غير أن تكلفة التكييف الهوائى المرتفعة يمكن أن تكون أكثر من التعويض إلا أن هناك بعض الآثار النفسية السيئة على العمال في تلك المجمعات البنائية الكبيرة الخالية من البيئة الخارجية (على موسى، ١٩٨٢) ..

وعلى الرغم من أن وجود أجهزة التبريد والتسخين أصبح ضرورة لكل بناء في أماكن معينة، غير أن التكلفة المبدئية والجارية يمكن أن تخفض بالاستفادة من المعطيات الاساسية لظواهر الجو التفصيلية. فمثلاً؛ استعمال مصدات الرياح توفر الحماية للبناء من تأثيرات الرياح الشتوية الباردة، بينما تستطيع الاشجار العالية أن تظلل مساحات كبيرة من سطح السقف والجدار. وفي انجلترا الجنوبية حيث موجات البرد الشديدة المصاحبة عموماً لرياح شرقية، فإن إيجاد حزام واق من الأشجار أو السياج الى الشرق من المبنى يمكن أن يبرهن على الفائدة العظيمة منه. وفي تكساس بالولايات المتحدة حيث الرياح الباردة تهب من الشمال فإن الحزام الواقى يأخذ وجهة شرقية وغربية.

أما بالنسبة للمباني الخاصة فمن الضروري العودة الى مفهوم التصميم المعتمد على أخذ الظروف المناخية في الحسبان، بجانب الاسلوب المستعمل في اعداد وتنفيذ التصميمات في السنوات الحديثة. فطبيعة المواد الداخلة في المبنى، والتهوية الطبيعية، ووسائل التظليل، والفسحات الارضية كلها أمور هامة وذات فائدة محسوسة، فمثلاً؛ تشكل حافات النوافذ البارزة للخارج والشرقات حواجز تحجب أشعة الشمس القريبة الى الوضع العمودي عن داخل الغرفة، لكنها تسمح بدخول أشعة الشمس المنخفضة عند الصباح والمساء في فصل الشتاء. وإذا كان الأمر كذلك فإنه من الممكن القول أن درجات الحرارة المحصورة بين ١٣ - ٢٨ مئوية في الهواء الخارجى يمكنها أن تؤدي إلى وجود ظروف جوية جيدة في داخل الغرفة (على موسى، ١٩٨٢).

وتزداد الصعوبة عند معالجة السكن في أحياء ذات الكثافات السكانية المرتفعة، بسبب أن نماذج التهوية الطبيعية تتغير بشكل سريع. وتزداد المشاكل الناجمة عن القوانين المحلية المحددة لدخول الضوء، وسعة المبنى. ويجب أن تستفيد المباني من الحماية الناتجة عن نمو النباتات، كالأشجار الظليلة والاعشاب التي تقلل من الأشعة المنعكسة.

ولتقدير كمية استهلاك الوقود في المباني يمكن استخدام مفهوم درجة التسخين اليومية Heating Degree - Days، وتعتمد هذه الطريقة البسيطة على حساب الفرق بين المتوسط اليومي لدرجة الحرارة (ح ي) ودرجة الحرارة ١٨ مئوية التي تعد الدرجة التي يستوجب عندها البدء بالتسخين، أو هي بمعنى آخر صفر التسخين. وهناك ارتباط وثيق جداً بين استهلاك الوقود وقيم درجة التسخين اليومية، إلا أن فاعلية التقديرات التي تحدد الحاجة للتسخين تتغير حسب حالة الجو، فقد تكون تقديرات مبالغاً فيها. ففي حالة الطقس في أحد الأيام التي تنصف برياح شديدة السرعة ووسيلة حمل حرارة بعيد عن المباني فإن التقديرات تكون أقل من القيمة المفترضة، أما في حالة الأيام المشمسة بشكل جيد فإن تقديرات استهلاك الوقود الناجمة عن اتباع هذه الطريقة قد يحدث فيها مغالاة، ويعزى ذلك الى ارتفاع درجات الحرارة بفعل الأشعة الساقطة على المباني المعرضة لها. وهناك مفهوم مشابه يعرف باسم درجة التبريد اليومية Colling Degree - Days والتي تستخرج من العلاقة (ح ي - ١٨)، وتحدد هذه الدرجة مدى الحاجة لتبريد المباني حتى تصل الى مستوى الراحة. وفي حالة أن يكون متوسط درجة الحرارة اليومية دون ١٨ مئوية فليس هناك حاجة للتبريد، والعكس صحيح (على موسى، ١٩٨٢).

وبالامكان استخدام الطاقة الشمسية لتسخين وتبريد الجو الداخلى للمبنى، وهذا يتطلب تحويل الطاقة الشمسية الى أحد أشكال الطاقة، حرارية كانت أم كهربائية. ولتحويل

الاشعاع الشمسي الى طاقة حرارية لا بد من استعمال ما يعرف بالمجمعات الشمسية Solar Collectors أو السخان الشمسي، التي مهمتها التقاط الطاقة الشمسية الساقطة عليها وتحويلها الى طاقة حرارية يتم نقلها الى أحد السوا - كالماء أو غيره - لاستخدامها في تلبية متطلبات المباني، ولأجل رفع كفاءة المجمع الشمسي يجب رفع كمية الطاقة المكتسبة وخفض كمية الطاقة المفقودة بالحمل والتوصيل والاشعاع. وتعد المجمعات الشمسية المسطحة أكثر أنواع المجمعات شيوعاً وخاصة في المجالات التي تتطلب درجات حرارة لا تزيد على ١٠٠ مئوية.

ويمكن تحديد الاستخدامات الحرارية للطاقة الشمسية في المجالات المنزلية فيما يلي:

أ - تسخين المياه: يعد تسخين المياه بالطاقة الشمسية من أكثر التطبيقات الحرارية للطاقة شيوعاً بعد أن شاع استخدام السخانات الشمسية في معظم دول العالم، منها العديد من الدول العربية. ويتكون نظام تسخين المياه بالطاقة الشمسية من مجمع شمسي مسطح وخزان مياه وأفابيب توصل بين الخزان والمجمع.

ب - التدفئة: تتم التدفئة بالطاقة الشمسية عن طريق ضخ الحرارة المكتسبة في المجمعات الى داخل المبنى السكني أو غيره، ولتحقيق ذلك لا بد من استخدام بعض الأجهزة .. وهناك نظامان للتدفئة بالطاقة يستخدم أحدهما الهواء، بينما يستخدم الآخر الماء، ففي نظام التدفئة بالهواء يتم تسخين الهواء في المجمعات الشمسية ومن ثم دفعه إلى داخل المبنى بواسطة مروحة. أما أنظمة التدفئة بالماء الساخن فلا تختلف عن أنظمة تسخين المياه المعتادة.

ج - التبريد: ويتم عن طريق ضخ الحرارة من داخل المبنى الى الخارج، وذلك باستخدام أجهزة تقوم بذلك. والأسلوب الشائع لضخ الحرارة هو دفع هواء بارد إلى داخل المكان ليقوم بنقل الحرارة إلى الخارج مباشرة. وتستخدم الطاقة الكهربائية المحولة من الطاقة الشمسية في تشغيل أجهزة الضخ والقيام بعمليات التكييف.

التصنيف المناخي للمساكن

يتصف كل اقليم مناخي بنمط معين من المساكن السائدة فيه والمتوافقة مع الظروف المناخية المميزة له، بحيث يمكننا تمييز الاقاليم التالية:

مساكن الأقاليم المدارية

يمكن تمييز خمس مناطق مناخية - سكنية رئيسية فيما بين المداريين :-

(١) المنطقة الحارة الرطبة، لا يتطلب الانسان في هذه المنطقة إلا أقل ما يمكن من الملابس. وعليه أن يستفيد من الرياح التي تلتف الجمر، كما ينبغي عليه تنظيف منزله

حيث يحدث الا- ع فى الليل نجاه السماء الباردة، وفى النهار يكون المنزل محميا من الاشعة. وفى معظم اجزاء المنطقة الحارة الرطبة ينمو غطاء نباتى غابى كثيف، وقد قام الإنسان بتعرية بعض المناطق من غطائها النباتى لكى يتمكن من بناء منزل الخشبى الذى يرفعه عن الأرض الشديدة الرطوبة بواسطة أعمدة خشبية بغية توفير الحماية من الحيوانات المتوحشة والحشرات المؤذية (انظر الشكل رقم: ٤-٨).

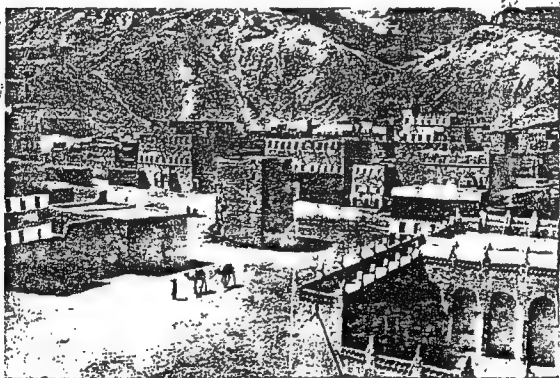


(شكل رقم: ٤-٨)، شكل المسكن فى المناطق الرطبة الحارة والجزر المدارية

(٢) الجزر المدارية، ويشبه نمط المسكن فيها ذلك الموجود فى المنطقة الحارة الرطبة، غير أن الأرض تكون هنا مكشوفة أكثر، ونسيم البحر يتردد بكثرة، لذلك صممت جميع المساكن بحيث تستفيد استفادة كاملة من هذا النسيم البارد العليل. وغالباً ما يستعمل الخيزران الخفيف فى صنع النوافذ مما يساعد على رفع وخفض مصراع النافذة بسهولة

أثناء سقوط الأمطار الغزيرة. ويتألف الممكن عماما من غرفة واحدة منسعة كى تستفيد بشكل جيد من الرياح، ولقد رفعت الساكن عن سطح الأرض لنفس أسباب رفعها فى المنطقة الحارة الرطبة من جهة، ولكى تستفيد من السرعة الزائدة للرياح التى تحدث من الارتفاع المتزايد من جهة أخرى .

(٢) المنطقة الحارة الجافة، ينبغى توفير الحماية فى هذه المنطقة للوقاية من الأشعة، حيث يكون الاشعاع الشمسى شديداً. ويستعمل عادة فى المبنى القرميد الطينى المجفف لعازليته الجيدة للحرارة. وتبنى المنازل من عدة طوابق حتى تلتقط النسمات العليلية، وتظلل المستويات الاخفض. وغالباً ما يخرج أفراد العائلة الى سطح السقف العلوى فى الليل لينعموا بالتبريد الاشعاعى والرياح الباردة. ويجب أن يراعى فى التصميم مدى امكانية، الحفاظ على درجة حرارة معتدلة أثناء النهار، وذلك باستخدام النظليل والنوافذ الصغيرة والسقوف والجدران البيضاء (شكل رقم: ٥-٨)، ومن المرغوب فيه أن يحجب السقف خلال النهار، غير أنه ينبغى أن يكون السياج المقام حول المبنى مفتوحاً بشكل مناسب بالعديد من الفتحات لكى يستفاد من نسيم الليل. وتقوم النوافذ الصغير بدور الواقى من ضربات العواصف الرملية والغبارية فى حال حدوثها.



(شكل رقم: ٥-٨): مسكن المناطق الجافة الحارة

(٤) منطقة السافانا، وتجمع هذه المنطقة بين صفات المنطقة الأولى والثانية، ومناخها يتدرج ويتبدل خلال السنة في تتابع منتظم. والغطاء النباتي المميز هو الحشائش، بالإضافة إلى وجود الأشجار والشجيرات أحيانا والتي تشكل مواد بناء رئيسية. وعادة ما تكون المساكن مصنوعة من الطين والعشب، وتقام تحت ظل شجرة لتحميها من شدة الأشعاع الشمسي، وغالبا ما تحاط تلك المساكن بسياج من الشوك لحمايتها من الحيوانات المفترسة (شكل رقم: ٦-٨)، وفي أماكن كثيرة تستعمل الجلود أيضا في المبنى.

(٥) مناطق المرتفعات: على الرغم من تناقص درجة الحرارة مع الارتفاع، إلا أن الإنسان يشعر بقسط قليل من عدم الراحة بسبب شدة درجة الحرارة بعد الظهيرة. وتمثل المشكلة هنا في إمكانية حجب الهواء البارد الليلي عن المسكن، ولذلك تزود المساكن بطبقة عازلة، وتحمي من الرياح السائدة. كما أن الأشعاع الأرضي الليلي الذي يزيد من البرودة شيء غير محبب، لذا يجب أن يخفص قدر المستطاع.

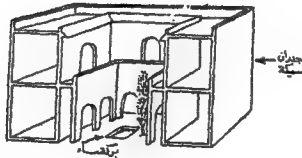


(شكل رقم: ٦-٨)، شكل المسكن في إقليم السافانا

مساكن الأقاليم شبه المدارية

يمكن تمييز ثلاث مناطق رئيسية هي: أ- منطقة البحر المتوسط؛ ب- منطقة السواحل الشرقية للقارات؛ ج- الصحارى، وفي هذه المناطق جميعاً يكون التسخين الشمسى كبيراً جداً فى الفترة التى تكون الشمس فيها أقرب ما يكون الى الوضع العمودى، ولذا تستدخم الظلال والسطوح البيضاء.

أ - منطقة البحر المتوسط، فى هذه المنطقة التى يعتقد بأنها واحدة من أفضل مناطق الأرض للسكن البشرى، حيث تكثر الأخشاب والحجارة الصالحة للبناء. وتتصف هذه المنطقة بصيف حار جاف، لذا فأن الحجر المستعمل يجب أن يكون ذا عازلية جيدة لاشعة الشمس الساخنة. وتتشابه هذه المنطقة مع المنطقة الحارة الجافة المدارية فى أن فصل الصيف حار فى كليهما، ومع ذلك فهناك حاجة لتأمين الحماية من الشتاء البارد والأمطار التى تسقط فيه. وفى هذه المنطقة تحتوى المساكن القديمة غالباً على ساحات مكشوفة، لأن الشمس ان لم تكون فى السمى لا ترسل أى اشعاعات مباشرة إلى تلك الساحات، ومع ذلك يحدث اشعاع ليلى من تلك الساحات باتجاه السماء. ويتميز هذا الجزء من المسكن بمناخ أكثر اعتدالاً، ويتم التبريد غالباً باستخدام النافورات أو الماء الجارى فى المساكن المهيأة جيداً لذلك. ومن المهم أن نشير الى أن سطح السقف الذى كان بمثابة بقعة تجمع لأفراد العائلة فى ليالى الصيف حل محله صيف أو شرفة (بلكون) ذات فاعلية أقل (شكل رقم: ٧-٨).



(شكل رقم: ٧-٨)، شكل المسكن فى منطقة البحر المتوسط

ب- منطقة السواحل الشرقية: تحصل هذه المنطقة على كمية من المطر أكبر مما تحصل عليه منطقة البحر المتوسط في غرب القارات، ولذلك يجب أن يكون المبنى أكثر متانة لكي يؤمن الحماية من الأمطار المتبخرة. ويكون الإشعاع الشمسي أقل شدة في منطقة السواحل الشرقية مما هو عليه في منطقة السواحل الغربية للقارات ويعزى ذلك إلى كثرة السحب والتساقط في فصل الصيف، إلا أن الحرارة الشديدة تجعل التكيف الهوائي مرغوباً فيه في منطقة السواحل الشرقية.

ج- منطقة الصحاري، الصحارى شبه المدارية من أشد مناطق سطح الأرض حرارة، ونباتاتها قليلة جداً ومتباعدة عن بعضها. ولذا كان على البدوي أن يستعمل جلود الحيوانات ليوفر الحماية لنفسه. والخيام هي مسكن البدوي، تلك الخيام التي يتم رفعها من أحد جوانبها كي تستفيد من هبوب أى نسمة هواء (شكل رقم: ٨-٨).

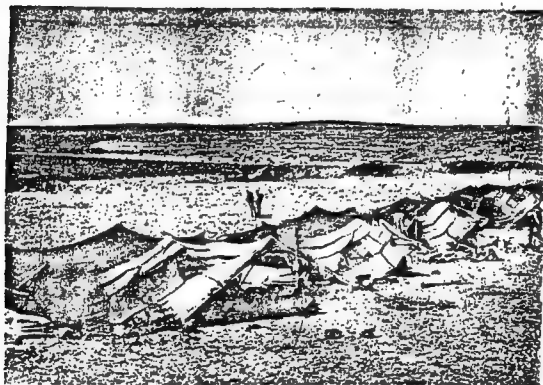
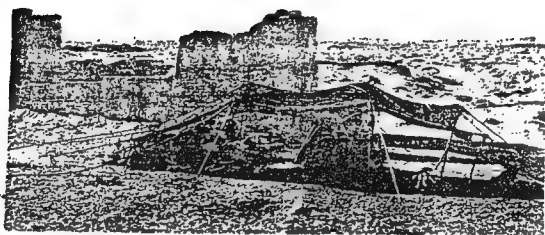
مساكن الأقاليم المعتدلة الباردة

عادة ما تكون المساكن صغيرة في هذه المناطق حتى تحتفظ بالحرارة. والأخشاب والحجارة تتوافران بكثرة، كما كان القش يستعمل قديماً في السقف بسبب عازليته الجيدة. وفي هذه المناطق والتي تليها، تقوم النوافذ ذج الزجاج المضاعف والأبواب المضاعفة بالتقليل من فقد الحرارة بالتوصيل. وإذا كان توافر الأشعة الشمسية بكثرة في هذه المناطق لا يخلق مشكلة، إلا أنه من الضروري أن تصمم المساكن بحيث يتاح لها الاستفادة من مثل هذه الأشعة. وإذا كانت تلك المساكن بغنى عن أشعة الشمس الساطعة في بعض الأوقات فمن الممكن استعمال الستائر عندها (علي موسى، ١٩٨٢).

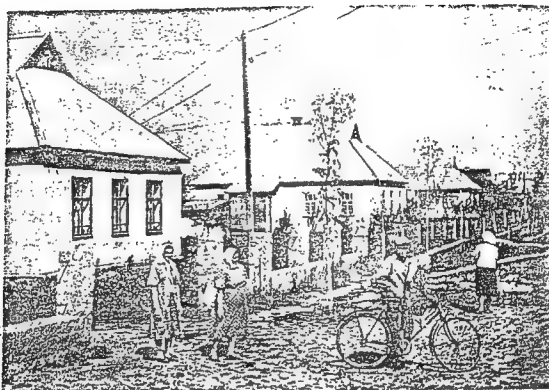
مساكن الأقاليم الباردة

تبنى المساكن في المناطق الغابية من الخشب، وتتخذ السقوف وضعاً شديداً الانحدار لمنع تراكم كميات كبيرة من الثلج على المبنى (شكل رقم: ٨-٩) ويعد تراكم الثلج مشكلة حقيقية في المناطق الباردة، ذلك أن كمية من الثلج بمساحة ١٠ سنتيمتراً فوق سطح سقف مساحته ٤٠ متراً مربعاً تحدث ضغطاً يوازى ضغط وزن مقداره ٣٠٠ كيلو جرام على عوارض السقف الخشبية. وللسقف طاقة قصوى على حمولة الثلج فإذا ما تعددت كمية الثلج قدرة السقف فلا بد له عندئذ من الانهيار.

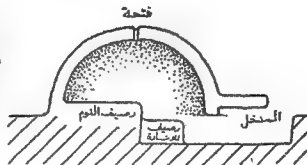
يعد مسكن الاسكيمو نموذجاً من مساكن المناطق الشديدة البرودة (الثلثيات). فهو يبنى في شكل دلمزى قطره قرابه ثلاثة أمتار، ويبنى من كتل الثلج أو من الواح الحجر والخشب أو من اضلاع الحوت مغطاة بجلد فيل البحر، ومغلف بالثلج أو التراب على أنها مواد عازلة. ويكون رصيف النوم مرتفعاً قليلاً ومغطى بجلود الحيوانات، فالجلد الأخف يحتوى على شعر سفلى حتى يمنع القاعدة الثلجية من الذوبان. ويتخذ المدخل شكل نفق، يوجد تحت رصيف النوم. وعند إحدى الجوانب داخل البيت يوجد أرفصة من أجل الإنارة، والحرارة المنبعثة من تلك الأشواء ستضاف الى حرارة الجسم (شكل رقم: ١٠-٨).



(شكل رقم ٨-٨) خيمة صحراوية



(شكل رقم: ٨-٩)، شكل مسكن المنطقة الباردة



(شكل رقم: ٨-١٠)، شكل مسكن الاسكيمو وهو ما يعرف بالايجلو Igloo

ويعيش بعض الهنود الأمريكيين فى مساكن رديئة لا تتناسب مع نموذج المناخ البارد السائد. وفى سيبيريا يستعمل السكان الاصليون أحيانا خيمة جلدية مدورة، مع صندوق مستطيل الشكل من الجلود فى داخلها على أنه مكان للنوم. وتسبب حرارة البيئة الخارجية العفن الفطرى على الجلود مما يستوجب استبدالها عندما تتعفن (على موسى، ١٩٨٢).

ثانياً، المناخ وبيئة الحضر أو المدن

يعد تزايد السكان السريع إحدى المشاكل الرئيسية بالنسبة للجنس البشرى فى الوقت الحالى. هذا التزايد سيقود طبعاً إلى ارتفاع نسبة التحضر، لأن الكثير من البشر يهجرون الأرض والبيئة الريفية متجهين نحو المناطق المدنية والصناعية بحثاً عن العمل وظروف الحياة الأفضل. وتشير التقديرات إلى أن عدد السكان الذين كانوا يعيشون فى مدن عدد سكان الواحدة منها يزيد على ١٠٠ ألف نسمة لم تزد نسبتهم على ٢٪ من مجموع سكان العالم فى عام ١٨٠٠ لترتفع هذه النسبة فى أواخر القرن العشرين إلى قرابة ٢٥٪، وإن كانت فى بعض دول العالم أكثر من ذلك بكثير. ففى إنجلترا وويلز تصل نسبة سكان المدن إلى ٨٠٪، وفى الولايات المتحدة تصل إلى ٧٠٪. ومما لا ريب فيه أن التركيز المدنى للسكان، والتقدم العلمى والتطور التكنولوجى الذى هو سمة مميزة للعصر الحالى، قد خلقا اختلافات كبيرة بين بيئة المدينة وبيئة الريف، وهذا يعنى وجود بيئة مدنية تتصف بنظامها المائى والجوى المتميز.

الخصائص الطبيعية لبيئة المدن

تتميز الخصائص الطبيعية لبيئة المدن بتعديلها كما أن الوسط البيئى الوسط البيئى لها يتبدل بفعل التوطن السكانى المتزايد فى المدينة. ويعد تلوث جو المدينة أحد أهم التغيرات التى تطرأ على الوسط البيئى الطبيعى، فمعدن القدم وظاهرة التلوث تحظى باهتمام كبير، ففي عام ٦١ بعد الميلاد أشار الفيلسوف الرومانى سينيكا Seneca إلى جو روما المملئ بالدخان والأوساخ المؤذية للصحة. وفى العصور الوسطى حيث المناطق المدنية الكبرى لم يكن يزيد عدد سكان الواحدة منها على بضعة عشرات الألوف (مدينة لندن حوالى ٥٠٠٠ نسمة فى القرن الرابع عشر، وكانت على الأقل أكبر بأربعة أضعاف من أى مدينة انجليزية أخرى) فإن مشاكل التلوث كانت واضحة المعالم (على موسى، ١٩٨٢).

وينعكس أى تغير فى المظهر الطبيعى العام لسطح الأرض بفعل أشكال العمران المختلفة وتخطيط المدن وحركات السكان فيها والأنشطة الاقتصادية الممارسة بها، خاصة المعامل والمصانع ووسائل النقل. على الظواهر المناخية، فطوية الجو فى المدينة تختلف عما هى عليه فى الريف، كما تختلف درجات الحرارة والعناصر المناخية الأخرى. ويمكن أن نصف التغيرات الطبيعية الأساسية التى تخلقها مدينة كبيرة فى ثلاث تغيرات هى؛ تغيرات مائية، وتغيرات حرارية، وتغيرات فى حركة الهواء.

(١) التغيرات المائية

تعد كمية المياه الجارية على السطح في المناطق الريفية نتيجة سقوط الأمطار محدودة، بفعل امتصاص التربة - ذات الطبيعة المنفذة - لجزء كبير من المطر الساقط. بينما نجح الإنسان في المدن بوجه عام في خلق حالة عدم نفوذ لقراءة ٥٠٪ من المساحة، وذلك بالمنشآت المدنية التي أقامها، والمواد التي استخدمها في ذلك، والتي تمنع تسرب الماء إلى داخل التربة. فالشوارع الإسفلتية، وممرات المشاة الجانبية، وأسطح المباني، وأفنياتها، ومناطق الساحات الكبرى، أسهمت في نسبة زيادة الجريان السطحي للمياه الساقطة، حتى ولو كانت كمية المطار قليلة فأنها ستنسب على السطح في المدينة. والمثال التالي يوضح ذلك؛ ففي منطقة ساحة أبعادها ٣٠×٣٠ متراً، فإن كمية أمطار مقاديرها ١٠ ملليمترًا ستعطي ٩ متر مكعب من الماء، ومثل هذه الكمية يمكن أن تؤدي إلى حدوث فيضانات فيما لو نقلت بتركيز بعيداً، بحيث تلتقي أيضاً بمقادير مماثلة من الماء في طريقها. وحتى مزاريب الأسطح فأنها تسوق مقادير كبيرة من الماء لتذهب إما إلى البالوعات (مجارى الصرف الصحي Sewers) أو لتتركز في بعض المناطق الصغيرة من الحديقة. وهناك تغير آخر يحدث بفعل انتقال الماء نحو الجو عن طريق التبخر. فبالنسبة للأسطح المرصوفة تبقى جافة لفترات أطول من مناطق التربة الريفية والأراضي المغطاة بالنبات، إذ أن المناطق الريفية تمد الهواء ببطيء بالرطوبة، ولذا فإن كمية الرطوبة التي يتلقاها الجو عقب سقوط الأمطار مباشرة تكون أقل في الريف منها في المدينة. فالأسطح المرصوفة نتيجة التصريف السطحي الكبير والسريع والتبخر السريع أيضاً للكميات القليلة المتبقية من الماء فأنها تصبح جافة بعد لحظات محدودة من سقوط الأمطار. وهذا بالطبع له انعكاسات عدة يمكن حصرها في ثلاث عناصر مناخية؛ فالحرارة المستخدمة في التبخر أقل في المدينة وهذا ما سيحافظ على حرارة في المدينة أكبر من الريف، كما أن الرطوبة المطلقة تكون أقل في المدينة من الريف، وجزئيات الغبار والجسيمات الجافة المتوفرة في المدن يزيد من انتقالها إلى جو المدينة حركة وسائل النقل والمشاة.

(٢) التغيرات الحرارية

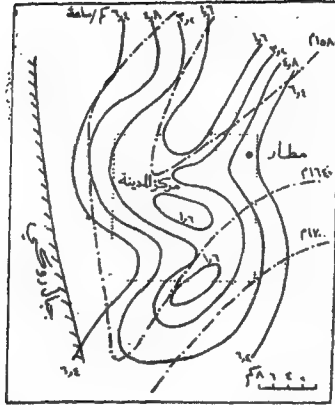
تتمصّ سطوح المدينة كمية من الإشعاع الشمسي أكبر مما تمتصها السطوح الريفية المجاورة لها، ذلك أن النسبة الكبرى من الأشعة المنعكسة في المدينة ترتد مرة ثانية نحو الأسفل بواسطة الجدران المرتفعة والسقوف القائمة اللون. كما أن سطوح المدينة الاسمنتية لها قدرة توصيل حرارية كبيرة وسعتها الحرارية كبيرة أيضاً، مما يجعلها تخزن الحرارة في أثناء النهار وتطلقها في أثناء الليل. بينما نجد في المناطق الريفية المغطاة بالأعشاب أو أية نباتات أخرى - التي تقوم بدور ستار عازل - أن درجة الحرارة أثناء النهار والليل تكون أقل مما في المدينة بسبب التبخر والتبخر / النتج.

وبالإضافة إلى الكمية الكبيرة من الحرارة الاصطناعية المتولدة في المدينة، من مكيفات الهواء، يكون في شتاء العروض المعتدلة والباردة المصدر الرئيسي للحرارة في بعض المدن وسائل التدفئة والحرارة التي تطلقها المصانع... وليست الحرارة المستمدة من الشمس. وتشير التقديرات في المدن الألمانية الكبرى أن كمية الحرارة التي تتولد من عمليات الاحتراق تعادل ١٥ - ٣٠ وحدة حرارية سنقيتر مربع/يوم، بينما الكمية المستمدة من الإشعاع الشمسي المباشرة تكون ٥٢ وحدة حرارية/ سنقيتر مربع/يوم وذلك في شهر ديسمبر، وأكثر من ٥٠٠ وحدة حرارية/ سنقيتر مربع/يوم في يونيو. ففي هامبورج - قبل عام ١٩٥٦ - كان معدل الحرارة الناتجة عن احتراق الفحم في شهر ديسمبر قرابة ٤٠ وحدة حرارية/ سنقيتر مربع/يوم، مقارنة مع الحرارة المتولدة من الإشعاع المباشر والجوى وبالغلة ٣٥ وحدة حرارية/ سنقيتر مربع/يوم. ولقد أوضحت الدراسات إلى أن عمليات الاحتراق في مدينة نيويورك خلال فصل الشتاء تعطى كمية من الحرارة أكبر بمرتين ونصف من حرارة التسخين الشمسي، غير أن هذه الكمية تنخفض في فصل الصيف إلى السدس فقط. ويوجه عام فإن كامل الحرارة المنتجة في المبنى لا بد لها أخيراً من أن تنتشر إلى خارج المبنى - رافعة من درجة حرارة الوسط المجاور -، كما أن السيارات تصيف كميات كبيرة من الحرارة، وحتى الحرارة الناجمة من الاختراق الذاتي في الإنسان تشكل مصدراً من مصادر التسخين في المدينة.

وفي مدن الأقاليم المدارية، فإن كمية الحرارة المنتجة بفعل الإنسان وأنشطته المختلفة تقارب من ١٠٪ من كمية الحرارة الناتجة من الإشعاع الشمسي في فصل الشتاء، إلا أن هذه النسبة تنخفض كثيراً في فصل الصيف، حتى لنجد أن التكييف الهوائي يقوم بأطلاق كميات لا بأس بها من الحرارة خلال هذه الفترة (على موسى، ١٩٨٢).

(٣) التغيرات الهوائية

تختلف حركة الهواء قرب السطح في المدينة عما هو عليه في الريف، ذلك أن خشونة السطح تلعب دوراً في ذلك. فازدياد الخشونة في المدينة تؤدي إلى التقليل من سرعة الرياح (شكل رقم: ٨-١١). فسرعة الرياح التي تصل إلى قرابة ٩٥٪ من سرعة الهواء الحر عند ارتفاع ٢٠٠ متراً فوق الريف المنبسط، تبلغ نفس السرعة عند مستوى ٣٠٠ متراً فوق الأراضي الشجرية، لكنها لا تصل إلى السرعة نفسها حتى تبلغ مستوى ٣٠٠ متراً فوق المدينة. ولقد دل العديد من الدراسات إلى أن الخشونة تزداد بنسبة طردية مع زيادة سعة امتداد المبنى ومع مربع ارتفاعه، لكنها تتناسب عكسا مع الحجم الذي يحتله المبنى.



(شكل رقم ١١-٨) سرعة الرياح (كيلومتر/ساعة) في مدينة دنفر وما حولها

خلال الفترة من الساعة ٢ - ٤ صباحاً من ٢ شباط ١٩٦٥

ومما لا ريب فيه أن انخفاض سرعة الرياح وازدياد فترات هدوء الهواء سبب أساسي في تمركز الملوثات الجوية في المدن. كما وتبرز في مناطق المدن المنخفضة الرئيسية ظاهرة أفنية الهواء المتدفق بشكل يشبه جريان الماء ضمن قنوات أودية محددة الجوانب إلى حد ما، وهذا ما يزيد من حالات الاضطراب ويخلق بعض الحركات الهوائية الدوامية. بل ويحدث أيضاً أن سرعة الرياح في بعض الأماكن قد تكون أكبر من سرعتها في المنطقة الريفية المجاورة والمكتشفة.

وعلى الرغم من قلة الدراسات عن حركة الهواء في المدن، إلا أنه من المعروف أن سرعة الرياح على جانب الجدار المعاكس للرياح أقل بكثير من سرعتها على جانب الجدار المواجه للرياح، حيث تصل إلى قرابة نصف السرعة. وتلعب الأشجار على طول جانبي الطريق دوراً هاماً في تقليل سرعة الرياح. وفي حركة وانسياب الهواء غير المتوافق مع امتداد الشوارع تحدث ظاهرة الدوامات الهوائية بكثرة (على موسى، ١٩٨٢).

متاخ المدينة

تسبب المدينة العديد من التغيرات فى العناصر المناخية، والجدول التالى يوضح تلك التغيرات.

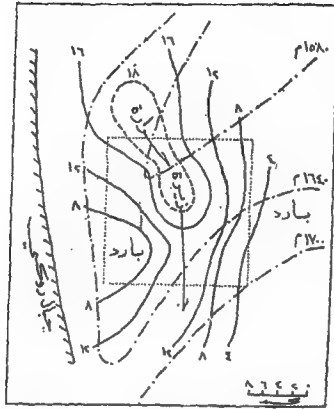
العنصر المناخي	الخصائص	الحالة فى جو المدينة مقارنة مع جو الريف
الاشعاع	فوق سطح أفقى أشعة فوق بنفسجية	- ١٥٪ - ٣٠٪ فى الشتاء، - ٥٪ فى الصيف.
درجة الحرارة	المتوسط السنوى المظمى فى فصل الشتاء طول الفترة الحرة من الصقيع	+ ٠.٧ م + ١.٥ م + ٢ إلى ٣ أسابيع
سرعة الرياح	المتوسط السنوى هبوب العوصف الشديدة تردد حالات السكون	- ٢٠ إلى - ٢٠٪ - ١٠ إلى - ٢٠٪ + ٥ إلى ٢٠٪
الرطوبة النسبية	المتوسط السنوى المتوسط الفصلى	- ٦٪ ٢٠٪ فى الشتاء، - ٨٪ فى الصيف
السحب	كمية السحب الضباب	+ ٥ إلى ١٠٪ + ١٠٠٪ فى الشتاء، + ٣٠٪ فى الصيف
التساقط	كمية التساقط عدد الأيام التى تكون كمية التساقط فيها أقل من ٥٥ مم عد أيام الثلج	+ ٥ إلى ١٠٪ + ١٠٪ - ١٤٪

- تشير إلى أقل، + تشير إلى أكثر

وتعرض فيما يلى لظواهر تركيز الحرارة والغبار والتساقط فى المدينة.

أ - الجزيرة الحرارية فى المدينة

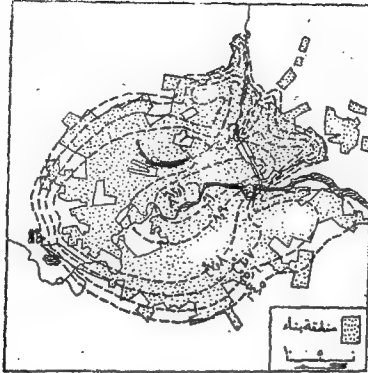
يمكن القول أن درجات الحرارة تكون أكثر ارتفاعاً فى المدينة عن الريف المجاور. وتظهر الدراسات الحديثة التى تمت فى بعض المدن الأمريكية، أنه حتى كتلة واحدة من المباني تقوم بتشكيل جزيرة حرارية. وفى الأيام الصافية الجو تكون درجة حرارة الطرق والسطوح الأسفلتية أكبر بحوالى ١٠ - ٢٠ مئوية مما هى عليه فى المناطق العشبية أو الغابية. وحتى الأيام التى تغطى فيها السماء بالسحب فإن درجات الحرارة فى المناطق المبنية تكون أكثر بحوالى ٣ مئوية مما هى عليه فى المناطق الريفية المحيطة بنسبة ١٠ - ١٥٪، لكنها تسبب فى زيادة درجات التبريد اليومية. ليس هذا فقط بل أن الفترة الحرة من الصقيع غالباً ما تكون فى المدينة أطول مما هى عليه فى الريف.



(شكل رقم: ٨-١٢)، توزيع درجة الحرارة في مدينة دنفر، كولورادو بالولايات المتحدة

الأمريكية وما حولها خلال الفترة من الساعة ٢ - ٤ صباحاً من يوم ٢ فبراير ١٩٦٥

ويعد الشكل رقم (٨-١٢) مثالا لجزيرة السخونة خلال ليالى الشتاء في مدينة دنفر (كولورادو - الولايات المتحدة الأمريكية)، حيث نجد أن خطوط درجات الحرارة المتساوية الأكثر ارتفاعات تمتد بشكل طولى عبر المدينة (Richl, 1978). وتتضح ظاهرة جزر السخونة في الشتاء بشكل بارز، كما تظهر في ليالى الصيف، حيث التبريد الليلي في المدينة يكون أبطأ مما في الريف. ويوجه عام تسجل المدن كلها درجات حرارة أكبر بحوالى درجة مئوية واحدة مما هي في الريف المجاور، خاصة في فصل الشتاء. وفي مركز مدينة لندن بلغ المتوسط السنوى لدرجة الحرارة ١١ مئوية خلال الفترة ١٩٣١ - ١٩٦٠ مقارنة مع ١٠.٣ مئوية في الضواحي، و ٩.٦ مئوية في مناطق انريف المجاورة (Chandler, 1965). وتبلغ الاختلافات الحرارية أشدها نيلاً - (شكل رقم: ٨-١٣).



(شكل رقم ٨-١٢)، توزيع درجة الحرارة الصغرى في لندن، يوم ١٤ مايو، عام ١٩٥٩

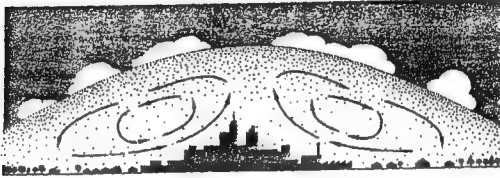
وتؤدي الحرارة الزائدة في المدينة الى جعل الضغط الجوي أكثر انخفاضا، وبالتالي فإن الهواء يتدفق نحوها من الريف المجاور لها. وتشير دراسات المنظمة العالمية للرصاد الجوية WMO الى أن القيمة الحدية لسرعة الرياح لكي تحدث اضطراباً في جزيرة السفوفية ترتبط لوغاريتمياً بعدد السكان في المدينة (على موسي، ١٩٨٢).

ب- تركز الغبار في جو المدينة

يتركز معظم الغبار المتولد فوق المدينة متخذاً شكل قبة تغلفها، وتبرز تلك القبة بشكل واضح في الايام الساكنة نسبياً في حركة الهواء مع وجود حركة طبيعية بسيطة كما هي الحال في (الشكل رقم: ٨-١٤). ففي تلك الايام يستمر نظام الحركة الدائري المتواصل في النقاط الجسيمات وتوجيهها نحو نظائرها المتركة في جو المدينة، وسرعان ما تسقط جسيمات الغبار الكبيرة - ذات القطر أكبر من ٥ ميكرون - نحو السطح، بينما تبقى الاخرى الدقيقة معلقة في الهواء لتقوم بدور نويات تكاثف

وتؤدي الجسيمات الموجودة في الجو من غبار ودخان ومواد أخرى الى تعكير الهواء، إلا أن المدى الذي يكون فيه الهواء معكراً محدوداً. ولهذا الغبار تأثير بارز على أطوال الموجات الاشعاعية الاقصر منه حيث يقوم بنشرها، وبالتالي فإن شدة ضوء

الشمس وكثافة الاشعة فوق البنفسجية تقل بفعل المواد المحمولة في الهواء. والتناقص يكون أكبر في الشتاء عنه في الصيف ويرجع ذلك إلى إزدیاد طول مسار الأشعة الشمسية في الجو الأكثر تعكيراً. كما تؤدي الجسيمات الجافة التي في حالة زيادتها الى التقليل من الرؤية داخل المدينة، وإزدیاد تكرار حدوث الضباب، الذي يعزى تكوينه في معظمه الى تكاثف بخار الماء على جسيمات الغبار العديدة التي تقوم بدور نويات تكاثف.



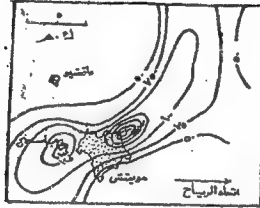
(شكل رقم: ١٤-٨)؛ مخطط يبين حركة الهواء المحلية فوق المدينة

جـ- التساقط

تؤدي أنشطة الإنسان المتعددة الى إنتاج العديد من الجسيمات التي تتركز في جو المدن وما حولها، والتي تشكل نويات تكاثف، وهذا يساعد على فهم سبب إزدیاد الرطوبة والمطر فوق المدن. ويتركز الأمطار العظمى فوق مراكز المدن والأماكن الصناعية، إلا أن الرياح السائدة يمكنها أن تبعد منطقة الأمطار العظمى قليلاً عن مراكز المدن والأماكن الصناعية (شكل رقم: ١٥-٨).

ويوجه عام فإن معدل الزيادة في كمية المطر في المدن عما حولها تكون في حدود ٥ - ١٠ ٪. وتكون الزيادة في الشتاء أكثر من غيره من الفصول. كما وأن كميات الثلج الساقطة في العروض العليا والعواصف الرعدية تزداد في المدن أكثر من الريف المجاور. ومن دراسة العواصف الرعدية في منطقة مدينة لندن تبين أنها تؤدي إلى زيادة في الأمطار فوق المدينة بنسبة تصل الى ٣٠ ٪ عما هي عليه في الريف المجاور، إذ أن إحدى العواصف أعطت قرابة ٦٨ ملليمتر من الامطار فوق المدينة لكنها لم تعط أكثر من ٣ ملليمتر في الريف المجاور. ويمكن أرجاع ذلك الى كثرة الغبار والجسيمات الأخرى

فى جو المدينة، ونشاط حركة الحمل الحرارى بفعل أن المدينة تمثل جزيرة حرارية (Chandler, 1965).



(شكل رقم: ١٥-٨)، توزيع الأمطار (مم) فوق مدينة مونتشي يوم ٢٥ يوليو عام ١٩٢٩.

المناخ والسكن في بيئة دلتا النيل

لقد ثبت بما لا يدع مجال للشك كما ذكرنا سلفاً أن للمناخ تأثيرات كثيرة على مسكن الإنسان منذ عصور ما قبل التاريخ، ولكن هذا التأثير لم يتضح بشكل ملحوظ كوضوحه فى الوقت الحاضر إذ أنه يتحكم فى اختيار موضع المبنى الصحيح ومواد المبنى المستخدمة فيه، بل وفى تصميمه أيضاً. وفى بيئة دلتا النيل، يظهر تأثير العناصر الجوية على المحلات العمرانية الريفية منها والحضرية واضحاً على النحو التالي:

١ - السكن الريفي؛

العمارة فى القرى هى بطبيعة الحال عمارة الطين، فالمساكن الريفية كانت تبنى من الطين واللبن أو الطوب اللبنى، على هيئة جدران وأسقف سميكة ومسطحة (فيما قبل منتصف السبعينيات). وما كان هذا ليتم لولا أن الظروف المناخية الملائمة، من صفر كمية المطر الساقط وجفاف الجو معظم شهور السنة، تساعد على ذلك لأننا نعرف أن هذه المادة لا تصلح إطلاقاً للبناء فى المناطق المطيرة. فضلاً عن أن لون المباني الداكن، لون الطين، وخشونة جدرانها تبعاً لغزارة المواد اللاصقة، كالقش واللبن تعمل على امتصاص درجة حرارة أشعة الشمس وتهدئ بذلك ظروفاً حرارية ملائمة داخل المبنى تعوض به الإنخفاض الملحوظ فى درجة حرارة المحلات الريفية نظراً لتبعثر مساكنها وإحاطتها

بالأراضي الزراعية، ولا ينبغي أن نغفل أن فطرة الفلاح في الدلتا قد هدته إلى تصميم سكنه، الذو، لا نكاد نجد اختلافات تركيبية ملموسة بين أرجاء الدلتا كلها، بما يتمشى مع الظروف الجوية المحيطة به، فالفتحات والمنافذ تكثر في الواجهتين الشمالية (البحرية) والجنوبية (القبليّة) للسكن فالأولى تستقبل الرياح الشمالية المملطة صيفاً وما ينتج عنها من تأثيرات مباشرة على تعديل درجة الحرارة والرطوبة في الداخل، كما أن الثانية تسهل دخول أكبر قدر من أشعة الشمس خصوصاً في فصل الشتاء. إذ أنه إذا كانت المنافذ البحرية تستقبل وحدة واحدة من الحرارة كل عام، فإن القبليّة منها تستقبل ٤٥ وحدة والغربية أو الشرقية ٢٧ وحدة.

ولذن كانت العناصر الجوية، بالإضافة إلى العوامل البيئية الأخرى، قد أعطت للقرية في الدلتا عمارتها المميزة، فإن لها بعض التأثيرات الضارة عليها. ففي شهور الربيع وبصفة خاصة أيام الخماسين تتميز بكثرة الحرائق في القرى، فلقد تبين أن التغير يقف أساساً كعامل مباشر وراء إنتشار هذه الحرائق بسبب اندلاع الشرر من المواعد التي غالباً ما تكون أوضاعها في أماكن مكشوفة وفي إتجاه الرياح، إذ أن الفلاح في الدلتا لم يأخذ حتى الآن في حسبان عامل تغير الرياح من قبليّة إلى بحرية^(١).

ومن أشهر حرائق القرى في دلتا النيل ما حدث في ربيع عام ١٩٣٦ حيث شب ١٦ حريقاً منها ١١ كان السبب المباشر في حدوثها خط الهبوب وكان سببها الرياح الجنوبية اللافحة.

وبالمثل وقعت عدة حرائق خلال ربيع عام ١٩٧٠، كان أشدها ما حدث يوم ١١ مايو، من نفس العام، في عدد من قرى محافظات الدقهلية والغربية وكفر الشيخ ولاشرقية، حيث دمرت ٥٠٠ منزل ولقى ٢١ مواطناً مصرعهم وأصيب ٣ آخرون، وكان ذلك بسبب سيادة الرياح الخماسينية على الدلتا التي استمرت يومين (٢١ - ٢٢ مايو ١٩٧٠).

٢ - السكن الحضري:

وإذ نتقل إلى المدن في دلتا النيل، نجد أن أثر العوامل الجوية فيها محدود بل وضعيف نسبياً. فعلى الرغم من أن عمارتها هي عمارة الطوب الأحمر بدل الطين في الريف، وخطتها ليست عشوائية كالقرى وإنما هندسية، وشوارعها مستقيمة واسعة نوعاً ما ومرصوفة، إلا أن كل ذلك قد لا يرتبط بالظروف الجوية المحيطة، من سطوع

(١) الرياح التي تهب في مقدمة الجهة الباردة للإنخفاض الخماسيني رياحاً جنوبية ساخنة (قبليّة) بينما الرياح التي تهب خلفها تكون شمالية غربية (بحرية).

الشمس ودرجة الحرارة والرياح والرطوبة، ارتباطاً قوياً. ولكن يلاحظ أن هذا التأثير لا يتمثل إلا في ناحيتين: الأولى هي كيفية وضع الفتحات والمنافذ، بالنسبة لاستقبال أشعة الشمس، وعددها الذى يفوق مثيله فى مباني القرية، وحتى هذا أيضاً لا تحدده حالة الجو فقط بقدر ما تفرضه ظروف المبنى نفسه من حيث مساحته وموضعه بالنسبة للمباني المجاورة والشارع الذى يتق فيه. أما الناحية الثانية لهذا التأثير فيتضح فى أن أى امتداد لأية مدينة دائماً أو غالباً إلى الشمال من قطاعها القديم (ينطبق ذلك على معظم مدن دلتا النيل تقريباً) وذلك سعياً إلى أن يكون فى مستقبل الرياح الشمالية (البحرية) السائدة المنعشة والملطفة، أى أنه يحتكر فى أغلب الأحيان المناخ الأمثل والموقع الجيد فى المدينة.

كما وقد تظهر آثار كثيرة على الوحدات السكنية فى مدن الساحل فى فصل الصيف بسبب الرطوبة النسبية المرتفعة تتمثل فى الصدا الذى يصيب الأموار والأبواب الحديدية ومقابض الأبواب والمنافذ.

ومن الناحية الأخرى، يلاحظ أن تزايد المباني وتكدسها فى المدن يعد عامل تأثير غير طبيعى على الأحوال المناخية السائدة، وليس هذا فى منطقة الدلتا فحسب وإنما فى المناطق التى تتميز بنمو المدن فيها (أفقياً، ورأسياً). فنجد مثلاً أن ظروف المدينة الكبيرة تؤثر على درجات الحرارة سواء فى الشتاء أو الصيف. ففي فصل الشتاء تؤدي التدفئة الصناعية التى يستخدمها سكان المدينة إلى رفع درجة الحرارة التى تسجلها أجهزة الرصد رفعاً صناعياً بالمثل، لذلك تبدو درجات الحرارة فى المدينة أعلى من المعدل أيضاً وذلك بسبب الإشعاع الحرارى الذى تعكسه المباني فتزيد من درجات الحرارة التى تسجلها الأجهزة، هذا بالإضافة إلى أن المباني العالية تعوق حركة الهواء مما يؤدي إلى رفع درجة الحرارة. ومن هنا كانت الأرصاد الجوية للمدينة تعبيراً عن حالة العناصر المناخية داخلها وليس للإقليم الذى تقع فيه.

الفصل التاسع

المشاكل المناخية البيئية

المشاكل المناخية البيئية

مقدمة :

فى وقتنا الحاضر حيث تشابكت معظم العلوم وفروع المعرفة وترابطت ببعضها، بدأ علم الجغرافية المناخية، كفرع من القروع الجغرافية، يوسع اختصاصه ويزيد من مسؤولياته تجاه العلوم الأخرى. وقد لا يكون من المغالاة إذا قلنا أن الحاجة إلى المعلومات المناخية أصبحت بالضرورة عاملاً هاماً فى التعرف على كل مظاهر الحياة. فلا يخفى علينا أهمية هذه المعلومات بالنسبة للمشتغلين بعلوم الزراعة والصناعة والملاحة الجوية وهندسة المياه والتخطيط الإقليمى الحضرى والنبات، إذ أن الباحث فى أى علم منها يجد نفسه مضطراً، فى أغلب الأحيان، أن يضيف جزءاً إلى دراسته ليشير إلى الظواهر المناخية ومدى اعتمادها عليها فى تفسير مظاهر تلك الدراسة.

وحتى وقت ليس ببعيد كان من الصعب التحقق من الصلة الوطيدة بين علم الجغرافية المناخية وغيره من العلوم، ويرجع ذلك بصفة خاصة إلى أن الدراسة المناخية كانت تقليدياً، تعالج كعلم مستقل يدرس لذاته، ومن ثم لم تتضح هذه الصلة كوضوحها حالياً. إذ وجد من المفيد زيادة التعاون بين المناخيين وغيرهم من الباحثين فى شتى نواحي المعرفة، عن طريق وضع المعلومات المناخية فى إطار يخدم جميع متطلبات هؤلاء وأغراضهم المختلفة.

وينتاول موضوع هذا الفصل الذى نحن بصدد دراسة المشاكل المناخية وعلاقة المناخ بالبيئة من وجهة جغرافية المناخ التطبيقى، وتعد هذه الدراسة ذات أهمية خاصة، وتبدو أهميتها جلية فى أنها تمثل محاولة لإبراز قيمة المعلومات المناخية وصلاتها بنواحي الحياة سواء على المستوى العالمى أو الإقليمى أو حتى المحلى. وتركز الدراسة فى هذا الفصل على مجموعة من المشاكل المناخية تتمثل فى مشكلة صعوبة الحصول على بيانات مناخية عن المناطق القطبية، ومشكلة التغيرات فى مناخ الأقاليم المناخية، ومشكلة التصحر وإزالة الغابات، ومشكلة تلوث الهواء، ومشكلة ثقب الأوزون والأمطار الحمضية، ومشكلة ظاهرة الدينو. ومشكلة الطاقة والمناخ

المشاكل المناخية وعلاقتها بحياة الإنسان

من الثابت أن المشاكل المناخية التي سنشرحها هنا ما كانت لتوجد لولا النشاط المتزايد للإنسان سواء الناتج عن التقدم العلمى والصناعى له أو للزيادة العددية للسكان، بالإضافة إلى الإعتداء السافر للإنسان على ثمرات الطبيعة التى يتفرد بها كوكب الأرض الذى يعيش الإنسان على أديمه.

صعوبة الحصول على بيانات مناخية قطبية

تؤدى الطبيعة القاسية لمناخ المناطق القطبية إلى أن عدد محطات شبكة الأرصاد الجوية السطحية بها قليلاً ومتفرقاً. وعلى هذا فإن معرفتنا بتفاصيل اختلاف ظروف المناخ السطحية مع الزمان ومع المكان هى معرفة ناقصة. غير أن معلوماتنا آخذة فى النمو نتيجة لقياسات وأرصاد الأقمار الاصطناعية. فعلى سبيل المثال تشير المعلومات الخاصة بتبدلات الطاقة إلى أن أحد الملامح الأساسية للتذبذبات المناخية على مستوى كوكب الأرض يتمثل فى تغير الغطاء الثلجى والجليدى Cryosphere. وحتى الوقت الذى بدأ فيه استخدام الأقمار الاصطناعية قطبية المدار لم يكن ممكناً الحصول على صورة متكاملة لمناطق كبيرة مثل هذه المناطق. أما الآن فيمكننا أن نؤكد أن هناك بالفعل بعض التغيرات - وإن كانت صغيرة نسبياً - طويلة المدى التى قد تؤثر فى امتداد الغلاف الثلجى فوق البحر. وتؤدى التغيرات الموسمية إلى أنه فى النصف الشمالى من كوكب الأرض يتزايد مقدار الامتداد فى هذا الغلاف من حوالى ٧ مليون كيلومتراً مربعاً إلى ١٤,١ مليون كيلومتر مربع من الصيف إلى الشتاء. وعلى النقيض، فإن التغير الموسمى فى النصف الجنوبى هو من ٢,٥ مليون كيلومتر مربع إلى ٢٠ مليون كيلومتر مربع مما يعكس التركيب القارى المختلف بين المنطقتين القطبيتين. ولقد لوحظ كذلك أن معدلات من الغطاء الجليدى أقل من المعتاد فى منطقة بحر بارنتس وكارا Sea Barents and Kara Sea. ترتبط بمعدل أكبر من المعتاد من الجليد فى منطقة بحر تشوكتشى Chukchi Sea. وبالمثل فإن امتداد الجليد من الاسكا Alaska فى شهر أغسطس يبدو مرتبطاً بمقاديره فى جرينلاند Greenland فى شهر يونيو أو يوليو السابقين. وتنعكس الاختلافات الزمنية من هذا النوع بالضرورة على المناخ السطحى للمناطق القطبية. إضافة إلى هذا فإنه نظراً لأن المنخفضات توجه بمحاذاة السطح الفاصل بين الجليد البحرى والماء المفتوح (شكل : ١ - ٩) - بسبب وجود عدم اتصال حرارى عبر منطقة الاتصال - فإن تغيرات

السطح الجليدى البحرى تغير بالضرورة من صور المناخ فى منطقة دوائر العروض الوسطى .

و يدخل عصر الأقدار الاصطناعية فإن دراسة المناطق البائية المفتوحة الموجودة بين الامتدادات الثلجية باتت أكثر سهولة . وهذه المناطق تعد الوحيدة التى يمكن أن يتفاعل فيها الماء الدافئ نسبياً الموجود تحت الثلج بشكل مباشر مع الهواء ، وعلى هذا فإن لها أهمية قصوى فى تأكيد ميزان الطاقة للمنطقة ، كما أن لها دوراً عظيماً فى فهم العمليات التى تؤدي إلى خلق صور المناخ القطبية . ورغم نقص معلوماتنا وفهمنا لأنواع المناخ القطبى - أو حتى قدرتنا على إعطاء وصف ملائم لها - فإن من الواضح أن المناطق القطبية تعد ذات تأثير أساسى على مناخ الأرض كلها من خلال تفاعل هذه المناطق مع مناطق العروض الوسطى . ومن الواضح كذلك أن هذه المناطق تعد سبلة التغير نسبياً بتأثير الأنشطة الإنسانية ، فلقد وجدت ملوثات جوية فى المناطق القطبية . ونظراً لأن هذه الملوثات تكون عادة ذات معامل انعكاس (ألبيدو Albedo) أكثر انخفاضاً من أسطح المناطق القطبية فإنه يمكن توقع تغييرات كبيرة فى ميزان الطاقة السطحية ، وكذلك فقد اقترحت برامج للرى فى الاتحاد السوفيتى السابق تتضمن تحويلاً لمجارى الأنهار التى نصب عادة فى حوض المنطقة القطبية الشمالية المتجمدة وهذا من شأنه أن يؤدي إلى زيادة ملوحة مياه المحيط القطبى الشمالى وبالتالي إلى تقليل مقدار الغطاء الثلجى فوق ماء البحر وما يتبعه من تغير للأليدو . ومن المؤكد أن أى تغيير فى هذا المعامل من شأنه أن يؤدي إلى عواقب مناخية ملحوظة تتجاوز بكثير المناطق القطبية ذاتها .

التغيرات فى المناخات الإقليمية

تعد الأقاليم المناخية التى تناولناها فى الجزء الأول من هذا المؤلف مناطق ثابتة ، أو غير قابلة للتغير كما أن حدودها غير محكمة التحديد ، والمؤكد أن مناخ الكوكب كله يمر بحالات من التذبذب الطبيعى المستمر . وهذه من شأنها أن تؤدي إلى تغييرات فى مناخ كل الأقاليم المكونة له . وحدث تغييرات بتأثير النشاط البشرى هو أمر ممكن على المستوى المحلى . والتغيرات من هذا النوع تحدث عادة فى مناطق متفرقة ومعزولة عن بعضها فى داخل إقليم معين ولا يبدو أنها تؤدي إلى حدوث تغييرات على المستوى الإقليمى الأكبر . وبالتالي فإنه من المعتاد النظر إلى شكل معين من أشكال المناخ الإقليمى ككيان ثابت لم يتأثر بدرجة ملموسة بفعل النشاط الإنسانى . غير أنه مع تزايد مستوى هذا

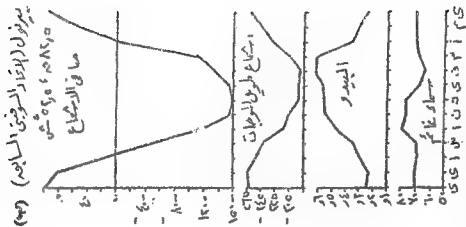
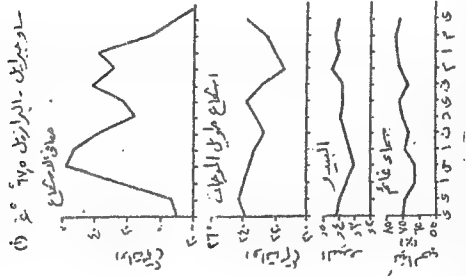
النشاط تزداد احتمالات حدوث مثل هذه التفجيرات الإقليمية باستمرار، كما ذكرنا منذ قليل عن المناطق القطبية. ولحسن الحظ، فإننا قد بدأنا نفهم العمليات التي تؤدي إلى نشأة أنماط المناخ الإقليمي المختلفة بشكل أفضل، ونستطيع بهذا أن نحدد الآثار الكامنة والتي يمكن أن تحدث نتيجة لهذه الأنشطة البشرية. وكما نعلم لهذا النوع الجديد من المعلومات والمعرفة نستطيع أن نتفهم حالتى المناخ الاستوائى، والمناخ القارى الداخلى. فالأقمار الاصطناعية تقدم أرصداً وقياسات للقيم الشهرية المتوسطة لصفى الإشعاع وكذلك الإشعاع طويل الموجة الخارج عند قمة الغلاف الجوى، إضافة إلى الألبيدو الكوكبى للمنطقة، لكل من هذين النمطين من المناخ، مضافاً إليها أيضاً القيم المتوسطة الشهرية لكميات السحب والتي تقدر من مواقع الرصد الأرضية.



(شكل رقم ٩-١٠) صورة بالأشعة تحت الحمراء مأخوذة بواسطة الأقمار الاصطناعية الجوية ليوم ١٢ يناير ١٩٧٩
تبين انحصارين (مثار إليهما يالاسهم) متجهين الى قرب الحافة البحرية الجليدية في بحري جرينلاند والشرق.

وبالنسبة للمناخ الاستوائي - الموضح هنا بالنسبة لمنطقة سارجيرايل بالبرازيل (شكل رقم ٢ - ٩ أ) - فإن منحنى صافي الإشعاع يعكس نقضى حد أقصى، يتفق كل منهما مع الزمن الذى يؤدي وضع الشمس العمودية فيه إلى إيجاد حد أقصى من الإشعاع الشمسى. أما القيم الأقل فى «الربيع» فتربط فيما يبدو بشكل مباشر بزيادة الألبيدو. والناشئة عن وجود السحب بمقادير أكبر. ورغم أن أعلى القيم فى هذا الفصل تحدث عادة فى شهر مارس، إلا أن الارتفاع الزائد فى الألبيدو فى هذا الشهر يقلل بشكل طفيف من هذه القيمة. وهذه الزيادة نفسها يمكن أن تكون نتيجة للتغيرات فى أحوال السحب حيث يعكس منحنى الإشعاع طويل الموجة حداً أدنى من الأنبيات فى هذا الشهر، الأمر الذى يتوافق مع الاقتراح بأن هناك اختلافات فى مقادير السحب - وربما أنواعها - فى هذا الفصل. وتفسير الفارق فى المقدار بين الحدين الأدنىين لصافي الإشعاع هو أمر أقل سهولة: فالإشعاع الخارج طويل الموجة فى شهر يونيه يتجاوز مقداره فى شهر ديسمبر. ويمكن إرجاع جزء من المقدار المتبقى إلى الاختلاف الطفيف للألبيدو لكل من الشهرين. إلا أنه قد اقترح أيضاً أن اختلاف المسافة بين الأرض والشمس فى هذين الشهرين يمكن أن يلعب دوراً مؤثراً، الأمر الذى لقى قدراً متواضعاً من الاهتمام فى الماضى، ويشكل عام فإن الاختلاف السنوى فى التدفقات صغير المقدار، كما يمكن أن يتوقع فى هذه المنطقة الاستوائية، حيث تتفاوت درجات الحرارة السطحية بدرجات طفيفة على مدار العام. ومع هذا فإنه يمكن القول - بالنسبة للعام ككل - أن حالة السحب تلعب دوراً حيوياً فى نشأة هذا المناخ الإقليمى والمحافظة عليه.

أما بالنسبة للمناخ القارى الداخلى لمناطق العروض الوسطى فإن مقدار التفاوتات الموسمية يكون أكثر وضوحاً (شكل : ٢ - ٩ ب). وبشكل خاص فإن منحنى الألبيدو تكون له دورة سنوية مميزة. وهذا يمكن ربطه مباشرة بتغير أحوال السطح من غطاء نباتى فى الصيف إلى ثلوج فى الشتاء. ويكون دور السحب أقل أهمية فى تغيرات الألبيدو، رغم أن انخفاض كميات السحب من شهر ديسمبر إلى شهر فبراير يؤدي إلى زيادة فى الألبيدو حيث تكون أجزاء كبيرة من السطح عالى الانعكاسية معرضة للإشعاع الشمسى. وعلى هذا فإنه بالنسبة لهذه المنطقة فى هذا الفصل من السنة يكون تأثير السحب معاكساً لتأثيرها فى حالة المناخ الاستوائي. ويمثل منحنى صافي الإشعاع استجابة للتفاوتات الموسمية الكبيرة فى الإشعاع الشمسى، غير أن التذبذبات السنوية تقل نتيجة لأن الإشعاع طويل الموجة الخارج يكون عند حد أدنى خلال فصل الشتاء، الأمر الذى



من مقدره Bernal, USSR (سابقا) Sao Gabriel, Brazil, Birnol (ب) بيرنول (البحر المتوسطي السابق) (أ) ساو جبرائيل بالبرازيل، (شكل رقم ٢، ٩): الخواص المناخية لموقعين، (أ) ساو جبرائيل بالبرازيل، (ب) بيرنول (البحر المتوسطي السابق) (سابقا) Bernal, USSR (سابقا) مقدره من ملاحظات جهاز المسح الرادوي مري على متن القمر الاصطناعي NOAA القياسات الخاصة بالنسبة السنوية لتقدير السحب هي، خصيصه مقدره سطحيا في هذا الشكل).

يعد نتيجة مباشرة لتأثير درجة حرارة السطح. وهكذا فإنه يبدو أن ظروف السطح - بصفة عامة مرة أخرى - تمثل العامل الحيوى الذى يجب أن يؤخذ فى الحسبان فيما يتعلق بتطور أنماط المناخ القارية الداخلية.

وتقترح الأمثلة التى أوردناها أن التغيرات المناخية الإقليمية المستوى يمكن أن تحدث وأنها قد لا ترتبط بالضرورة بالتغيرات العامة للأرض ككل. غير أنها تتطلب تعديلات فى نوع الأسطح التى تغطى مساحات واسعة. وعلى هذا، فإنه على الرغم من أن تغيرات صغيرة ربما تحدث بشكل مستمر نتيجة لأسباب طبيعية بالكامل، ورغم وجود امكانية حدوث تغيرات اصطلاحية كبيرة أيضاً إلا أن تأثير النشاط الإنسانى يعد فى الوقت الحاضر صغيراً. فمعظم التغيرات التى تحدث بفعل الإنسان هى بالتأكيد تغيرات محلية المستوى ولا يمكنها بعد أن تغير من التوزيع الحالى لأنماط المناخ الإقليمى.

ويمكن استخدام معلومات كذلك التى ناقشناها سابقاً لاقتراح الآثار الكامنة التى يمكن أن تحدث كنتيجة لتأثيرات الأنشطة البشرية على المناخ الإقليمى. وهذه الاقتراحات يجب الوصول إليها بضم هذه الآثار البشرية المتوقعة فى برامج المحاكاة (المتشابهات) للمناخ الحالى. وفى الآونة الأخيرة فقد تم تطوير البرامج الخاصة بالمستويات العامة للأرض ككل، لكى تتضمن الأحوال المناخية الإقليمية عن طريق التأكيد على تلك العمليات والظواهر المناخية مثل كميات السحب أو الأحوال السطحية التى تمثل أهمية خاصة لإقليم مناخى معين. ولقد تركز أغلب الاهتمام على دور التغيرات السطحية حيث أنها تتعلق بالإقليم الذى يمكن أن يتعرض - بفعل النشاط البشرى - لما يمكن أن نعهده تغيرات مناخية إقليمية المستوى. وقد تركزت الاهتمامات بشكل خاص حول أثرين ممكنين لهذا النشاط البشرى، وهما ظاهرة التصحر Desertification وإزالة الغابات Deforestation.

التصحر

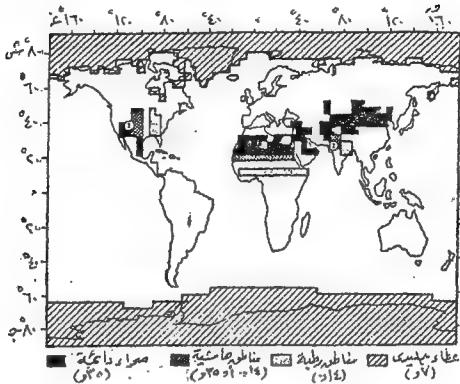
سبق القول بأن التغيرات فى مظاهر سطح الأرض فى المناطق الجافة وشبه الجافة يمكن أن تؤدى إلى زيادة حالة الجفاف فى هذه المناطق، فالغطاء النباتى البسيط والمتفرق أصلاً فى هذه المناطق يمكن أن يزال بتأثير تغيرات صغيرة نسبياً فى المناخ، أو عن طريق النشاط الإنسانى المتمثل فى الإفراط فى الرعى على هذا الغطاء النباتى المحدود، وعندما يزال الغطاء النباتى ويكشف سطح الأرض تنخفض قدرة الأرض على

الاحتفاظ بالماء، نتيجة لزيادة معدلات الجريان السطحي، كما يزداد الألبيدو. وهذان العاملان يؤديان إلى التأثير على درجة حرارة السطح بطريقتين متضادتين. فمع انخفاض مقدار الرطوبة المتاحة يؤدي انخفاض تدفق الحرارة إلى ارتفاع في درجة حرارة السطح، بينما زيادة الألبيدو ينتج عنها انخفاض في درجات الحرارة. وتبين حسابات نماذج المحاكاة أن هذا التأثير الأخير يكون هائلاً. وبناءً على هذا يكون الافتراض بأن زيادة التبريد سوف تؤدي إلى ركود كبير المستوى، وتحت هذه الظروف من الهواء الهابط فإن تكون السحب والتساقط يكونان مستحيلين فتزداد حالة الجفاف. ولا يمكن اختبار صحة هذه النظرية بالملاحظات أو القياسات الفعلية في المناطق الجافة حيث أن الألبيدو السطحي يتغير بقدر ضئيل على المستوى السنوي. إلا أن المعلومات الخاصة بتدفق الطاقة من النوع الذي يمكن الحصول عليه للمناخ القاري الذي ناقشناها آنفاً وحيث كان الألبيدو يتغير بالفعل بدرجة كبيرة، يمكن أن تستخدم لعمل نموذج للتأثيرات الممكنة في هذا الشأن. ويوضح شكل (٣ - ٩) نتيجة واحدة من نماذج المحاكاة. وهذا النموذج هو نموذج مشابه لمستوى الأرض كلها، إلا أنه يركز على تغير الألبيدو السطحي لمجموعة المناطق شبه الجافة. ويمكن أن نرى أنه يبدو أن زيادة الألبيدو السطحي تؤدي إلى التقليل من معدلات الأمطار. ويركز استخدام المحاكاة على المستوى الشامل لكوكب الأرض على حقيقة أن كل أجزاء النظام المناخي متصلة ومتراصة. ورغم أن هذا النموذج بالذات يتضمن تبسيطات عديدة إلا أن النتائج المستخلصة منه تعكس نوع التأثيرات المناخية التي يمكن حدوثها بسبب تأثير السطح.

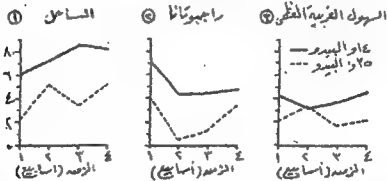
إزالة الغابات

حينما يزال ما على سطح الأرض بغرض إعدادها للزراعة تتغير خصائص هذا السطح، ويمكن أن يكون هذا التغير واضحاً بشكل خاص إذا ما حلت زراعة محاصيل جفلية محل الغابات. وفي الوقت الحاضر يقع حوالي ١٠٪ من مساحة الأرض على مستوى الكوكب كله في إطار النشاط الزراعي، بينما تشغل الغابات حوالي ٣٠٪ منه. غير أن مساحة الغابات - لا سيما في المناطق المدارية - تتعرض للتناقص. بمعدلات سريعة، الأمر الذي يعنى أيضاً أن الخصائص السطحية لهذه المساحات الواسعة تتعرض للتغير. وإحدى المناطق التي تتعرض لعمليات إزالة للغابات هي منطقة حوض الأمازون في البرازيل. وتشير البيانات الخاصة بمنطقة ساو جبرائيل، المشار إليها سابقاً، إلى أن

(أ) قيمة الألبيد والقدرية وتوزيعها على سطح الأرض



(ب) نسب متوسط الأمطار الموسمية (مليمتر) لشهر يوليو لجميع المحطات المتقاربة ذات البعد 40°N



شكل رقم ٩٠-٢، (أ) توزيع المناطق التي شملها تغيير قيمة الألبيد Albedo في تجارب النموذج المناخي المصمم لبحث ظاهرة التصحر.

(ب) الأشكال البيانية توضح أن زيادة الألبيد السطحي في ثلاث مناطق ذات تبخر حر.

كميات السحب وكذلك أحوال السطح تتحكم في المناخ. وعلى هذا - وعلى خلاف الظروف التي تؤدي إلى حدوث التصحر - فإن التغير المهم يتعلق بالخصائص المائية وليس إلى تغيرات الألييدو. فمن الثابت بالفعل - على سبيل المثال - أن كثيراً من الغابات الأوروبية لها معدلات من طاقة التبخر / النتح تبلغ حوالي ٨٥٠ ملليمتر في العام، بينما المسطحات الأرضية المكشوفة القريبة منها تكون معدلاتها أقرب إلى ٤٥٠ ملليمتر في العام. وطبيعي أن تكون القيم أعلى في المناطق المدارية، إلا أن الفروق بين المعدلات كبيرة بشكل ملحوظ. ولبحث تأثير عملية إزالة الغابات في البرازيل، فإن نموذجاً للمحاكاة قد صمم بالنسبة للأرض ككل بحيث يركز على تغير التدفق الرطوبي في المناطق المدارية. وفي هذا النموذج تم تحويل غطاء الغابات الاستوائية فوق مساحة قدرها ٥ مليون كيلومتراً مربعاً من منطقة حوض الأمزون إلى منطقة حشائش السافانا. وعلى الرغم من أن هذا يمثل تغييراً ضخماً إلا أنه بمعدلات إزالة الغابات التي تتم حالياً يمكن أن يتم في خلال ٣٠ - ٦٠ عاماً. وقد قام النموذج بتحويل الغطاء النباتي على الفور تقريباً ولكنه استغرق بعد ذلك حوالي ٥ سنوات لكي يعود إلى الأحوال المناخية المستقرة تقريباً. وفي النهاية وجد أن كلا من التساقط والتبخر تناقصاً بقيمة تقدر بحوالي ١٠٪. ويكان هناك تغير طفيف في درجة الحرارة السطحية ربما لأن انخفاض تدفق الحرارة بعيداً عن السطح كان يتم تعويضه بالزيادة الطفيفة في الألييدو. كما أن التغيرات في الرطوبة اتخذت شكل ظاهرة إقليمية المستوى، إلا أنه لم تكن هناك أية تغيرات ملحوظة على مستوى الأرض ككل. غير أن هذا النموذج لم يأخذ في الحسبان زيادة معدلات غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو والتي قد تنتج عن عمليات إزالة الغابات بهذا الحجم الهائل.

مشكلة الطاقة والمناخ

. يعتقد كثير من العلماء، منذ ما يقرب من ثلاثة عقود مضت، أنه على مدى العقود القليلة القادمة، ربما تجد الدول الصناعية الكبرى في العالم الآن نفسها مضطرة إلى اتخاذ قرار، هل ستظل تعتمد على أنواع الوقود الحفري (الفحم والبترو) المختلفة كمصادر رئيسية للطاقة، أم أنها ستستخدم البحث العلمي ورأس المال للكشف عن مصادر طاقة بديلة يمكن أن تحل محل الوقود الحفري خلال العشرين سنة القادمة. وإذا كان الحصول على المصادر البديلة تعترضه الكثير من العقبات والصعوبات، إلا أن النتائج المناخية التي يمكن أن تترتب على الاستمرار في استخدام الوقود الحفري لمدة قرن أو قرنين آخرين ستكون لها آثارا ضارة بدرجة لا تترك أمام الإنسان مجالا للاختيار. وحيث أن مثل هذا

انقرار لن تظهر نتائجها الا بعد حوالي خمسين سنة، فإنه لن يجد كثيراً من الاهتمام على المستوى الاجتماعي والسياسي في الوقت الحاضر. ومع ذلك فإن ما يعطى لمثل هذا القرار أهميته، أن الأسس العلمية والتكنولوجية اللازمة لتنفيذه ستحتاج الى عشرات من السنين، وإلى جهود لم يسبق لها مثيل. هذا وليس هناك مصادر طاقة من المصادر البديلة للوقود الحفري ذات أهمية في الوقت الحاضر للاستخدام الصناعي العالمي، ومن ثم فإن الاتجاه الى مصادر أخرى يتطلب عقوداً عديدة. كما أن التوصل الى طرق يمكن استخدامها للحصول على تقديرات موثوق بها للتغيرات المناخية التي تنجم عن الاستمرار في استخدام الوقود الحفري تحتاج الى عشرات من السنين على الأقل.

وتدور التساؤلات ، التي نناقشها في هذا الجزء من الفصل، حول الزيادة في مقدار غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي كنتيجة للاستمرار والتوسع في استخدام الوقود الحفري كمصدر رئيسي لطاقة. ونحدد هنا أربعة أسئلة هامة في هذا المجال هي: ما الاحتمالات المتوقعة لمستقبل درجة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي على سوء معدلات احتراق الوقود الحفري؟، ما التغيرات المناخية المتوقعة نتيجة زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، ما النتائج المتوقعة لمثل هذه التغيرات المناخية على المجتمعات البشرية والبيئية الطبيعية؟، ما الجهود البشرية المضادة، اذا ما كانت هناك ثمة جهود، يمكن أن تقلل من التغيرات المناخية، أو تخفف من نتائجها؟ وسنعرض هنا مناقشة السؤالين الأول والثاني، أما السؤالين الآخرين فسنرجئ مناقشتهم إلى الفصل التالي (الفصل الثامن) عند الحديث عن الاحتباس الحراري والتغيرات المناخية.

الطاقة وعلاقتها بالمناخ

يمكن المتخصصون في دراسة العلاقة بين الطاقة والمناخ من تحديد ثلاثة منتجات ثانوية تتولد عن انتاج الطاقة واستهلاكها هي الحرارة والجسيمات الدقيقة والغازات التي لها قدرة على احداث تعديل غير متعمد في مناخ العالم. ومن المعروف ان فترة من الوقت ان المدن تخلق مناخها المحلي المميز لها (انظر الفصل الخاص بالمناخ والمدن في هذا الكتاب). وقد تصور العلماء في البداية، أن زيادة التلوث وبناء المجمعات الكبيرة التي تعتمد على توليد الطاقة وما شابه ذلك، ربما تؤدي من خلال مخرجاتها من حرارة وجسيمات دقيقة وغازات الى حدوث اضطرابات في نظام المطر أو تؤثر في ظواهرات مناخية أخرى على المستوى العالمي. وعلى أية حال أظهرت الدراسات أن أي احتراق ينتج عنه ثاني أكسيد الكربون سيكون له مكانية كبيرة واضحة على احداث اضطراب في مناخ العالم خلال العقود القليلة القادمة.

وإذا كان ثاني أكسيد الكربون يتمتع بشفافية خاصة للموجات القصيرة من الاشعاع الشمسى (الضوء) فإنه يفقد هذه الخاصية بالنسبة للموجات الطويلة (الحرارة) حيث يمتصها بكثرة فى الوقت الذى تكون فيه غازات الغلاف الجوى الاخرى ذات شفافية لهذه الموجات الطويلة. ومن هنا يعوق تواجد ثاني أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى الاشعاع الحرارى المنبعث من سطح الأرض من الانطلاق والتشتت نحو الفضاء الخارجى. ومن هذا المنطلق تودى زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى الى الاخلال بالتوازن بين الاشعاع الشمسى الداخلى والاشعاع الحرارى الأرضى المنطلق نحو الفضاء الخارجى، مما يؤدى الى زيادة واضحة فى درجة حرارة الطبقات الدنيا من الغلاف الجوى. وتعرف هذه الظاهرة علمياً بأسم «أثر البيوت الزجاجية أو الصريات الزجاجية Green House Effect» نظراً للتشابه بين دور كل من ثاني أكسيد الكربون والرجاج فى البيوت الزجاجية فى احتجاز حرارة الشمس وخاصة من خلال منع انتقالها بالحمل. وبالتالي يمكن القول ان نتائج خطيرة ربما تظهر نتيجة لزيادة حمولة الجسيمات فى الغلاف الجوى، أو نتيجة لتكوين مواقع ذات حرارة عالية نتيجة للتوزيع غير المتوازن فى الاستخدام البشرى للطاقة. ورغم التكلفة العالية فمن الواضح أنه من الممكن صبط مستوى الجسيمات التى يطلقها النشاط البشرى فى الغلاف الجوى، خاصة وأن هناك من الأسباب الأخرى ما يدعونا لذلك غير التأثيرات المناخية المتوقعة. وإذا كانت النماذج المناخية حالياً لا تزال غير قادرة على التكهّن بدرجة وثوق كبيرة بأى تغيرات مناخية متوقعة على نطاق واسع نتيجة للتوزيع الجغرافى غير العادل للحرارة التى تطلق نحو الغلاف الجوى من خلال استخدامات الإنسان للطاقة، إلا أن تطور الفهم للمناخ، وهو الامر المطلوب للإجابة على الاسئلة الخاصة بتأثير ثاني أكسيد الكربون، يجعل فى الامكان أن تعطى تقديرات مفيدة عن الآثار المناخية المتوقعة لاطلاق الحرارة غير المتوازن على سطح الأرض. فحتى اذا ما وصل سكان العالم فى المستقبل نحو عشرة مليارات نسمة، ومع تزايد استخدام الإنسان للطاقة بمعدل يبلغ عدة أضعاف معدل الاستخدام فى الوقت الحاضر فإن هذا كله سيطلق كمية من الحرارة تعادل فقط ٠.٠٠١ من صافى طاقة الأشعة الشمسية التى يستقبلها كوكب الأرض. ونظراً لقصر الوقت الذى تبقى فيه الجسيمات الدقيقة عالقة فى الطبقة الهوائية القريبة من سطح الأرض. فان خطورتها تبدو قليلة لأن الغلاف الجوى يمكن أن يستعيد نظافته خلال بضعة أسابيع.

وإذا كانت متوسطات درجة حرارة كوكب الأرض تمثل أحد المعطيات التي ترتبط ببعضها البعض ديناميكياً والتي تتخذ أساساً لوصف المناخ، فإن المعطيات الأخرى تتمثل في الخصائص الإحصائية للحرارة وكمية السحب والتساقط والرياح. ومن الأمور المعروفة أن أي تغير ولو محدود في أي من هذه المعطيات يمكن أن يؤدي إلى تحول رئيسي في مناخ كوكب الأرض. وتشير السجلات التاريخية والدلائل غير المباشرة للمناخات في الماضي إلى حدوث تغيرات واضحة في درجات الحرارة والتساقط وكمية الثلج. فمن المعروف أن زمن الحياة الوسطى الجيولوجي الدافئ انتهى منذ حوالي ٦٠ مليون سنة وبدأت من بعده عملية تبريد تدريجية مؤدية إلى العصر الجليدي في بداية القسم الرباعي من زمن الحياة الحديثة وقد تميزت فترة المليون سنة الأخيرة بتعاقب الفترات الجليدية التي كان يتخللها فترات دافئة. وقد انتهت أحدث الفترات الجليدية منذ حوالي ١٠,٠٠٠ سنة والتي كانت فيها متوسطات درجة الحرارة في العروض الوسطى أقل بنحو ٥° - ١٠ م عن درجة الحرارة التي تنسم بها هذه العروض في الوقت الحاضر.

وما تجدر الإشارة إليه أن مقدار فهمنا لبعض العمليات الأساسية التي تحكم التغير المناخي لازال محدوداً. ومن هنا لا زلنا نجهل عما إذا كانت التغيرات المناخية تحدث على مراحل انتقالية من حالة متوازنة مستقرة إلى حالة أخرى تختلف عنها بصورة فجائية، أو أنها تحدث بصورة انتقالية تدريجية من خلال استمرارية الظروف المناخية. وعلى أية حال فإن حدوث كلا نوعي التغير أمر ممكن من خلال التغيرات في المؤثرات الخارجية مثل كمية الإشعاع الشمسي أو بواسطة إعادة التوزيع الداخلي الذاتي للطاقة داخل المكونات الطبيعية للنظام المناخي. وفي كلا الحالتين فإن زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون تزيد وتعمق من هذه التغيرات المناخية. فإذا كانت التغيرات المناخية مرحلية، فإن حدوث اضطراب في المناخ نتيجة للزيادة الكبيرة في ثاني أكسيد الكربون يصبح أمراً مزعجاً بصفة خاصة وذلك لأن هذا التغير وأن كان بطيئاً فإنه يكون نذيراً بحلول مفاجئ نسبياً إلى أنظمة مناخية جديدة. وإذا ما كانت التغيرات المناخية تدريجية، فإن الآثار الناجمة عن زيادة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ستتم بشكل مطرد ليحدث انتقال عالمي تدريجي بصورة أكبر في المناخ. وفي كلا الحالتين سيحدث انتقال للنطاقات الزراعية نتيجة للتغيرات الفصلية لدرجات الحرارة وأنماط التساقط. ويمكن أن يكون تأثير مثل هذه التغيرات على إنتاج الغذاء ضاراً وقاسياً وخاصة بالنسبة للدول التي

تمارس نوعاً من الزراعة الهامشية. ولهذا السبب وغيره من الأسباب فإن توقع حدوث تعديلات وتغيرات فى مناخ العالم من جانب الإنسان أمر يجب أن يؤخذ فى الحسبان وبجدية بالغة.

وإذا كان التغير المناخى المتوقع سيصبح أمراً ملموساً، فإنه يصبح من الضرورى فى هذه الحالة أن نغير سلوكنا تجاه استخدام الوقود الحفرى. وإذا ما كانت الوسائل العملية الخاصة بضبط نفايات ثانى أكسيد الكربون غير متاحة فى الوقت الحاضر، فإنه لا مفر من ممارسة أى ضبط يودى إلى تقليل إطلاق ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى. ومما يدعو للجدل فى مواجهة التغير المناخى غير المؤكد أن الموقف العاقل يتمثل فى حرية العمل. ولكن لسوء الحظ أن التخلص الطبيعى من آثار استهلاك وقود حفرى لمدة قرن من الزمان قد يستغرق حوالى مليون سنة تقريباً. ولهذا السبب لو تأجل اتخاذ مثل هذا القرار حتى نستشعر تأثير التغيرات التى يصنعها الإنسان، فإن ذلك سيؤدى حتماً إلى فناء العالم كله لا محالة.

نمو السكان والطاقة

على الرغم من أنه لم يتضح حتى الآن أية آثار مناخية ملموسة على نطاق العالم رغم مضاعفة استخدام الطاقة من جانب الإنسان عدة مرات منذ الانقلاب الصناعى، إلا أنه يجب أن ينظر الى مستقبل هذه العلاقة بأهمية بالغة. ومن ثم تصبح تقديرات أعداد سكان العالم فى المستقبل، ومستقبل مصادر الطاقة واستخداماتها أساسية لتقدير مثل هذه الآثار المناخية المتوقعة مستقبلاً. وقد أخذ المتخصصون على عاتقهم العمل على تحقيق مثل هذه التقديرات والتى تعد نقطة انطلاق معقولة للتحليل والتكهن بالعلاقة بين كل من نمو السكان من ناحية، واستمرار الحاجة لمزيد من الطاقة بصورة أكثر وأكثر من ناحية ثانية.

ويعتقد جمهرة العلماء أن عدد سكان العالم سيبلغ مع اقتراب نهاية القرن الحادى والعشرين نحو عشرة آلاف مليون نسمة وسيبلغ مجموع استهلاك الطاقة أكثر من خمسة أمثال الحجم الاستهلاكى الحالى ومما يدعو للدهشة أن مصادر الوقود الحفرية وبصفة خاصة الفحم هى التى ستتحمل عبء تزويدنا بمعظم هذه الطاقة. وسيصبح الإنتاج السنوى للحرارة وثانى أكسيد الكربون على هذا الأساس أكثر من خمسة أمثال المستويات الحالية، بينما تبلغ كمية الإنتاج السنوى للجسيمات الدقيقة (بسبب الحاجة لاستخدام

مصادر وقود حفزية أكثر تلوثاً) أكثر من ٢٠ مرة بالنسبة للقيم الحالية لها، ولهذا يساهم الإنسان في إطلاق كمية ضخمة جداً من الحرارة، ومع هذا ستظل هذه الكمية جزءاً ضئيلاً بالقياس إلى طرفان الطاقة الشمسية سواء على المستوى العالمي أو الإقليمي، وأن كان تركيز مثل هذه الحرارة يمكن أن يكون كبيراً على المستوى المحلي. وإذا كان إنتاج الجسيمات الدقيقة كبيراً جداً، فليس هناك سبباً يدعونا أن نتوقع بأن إطلاق هذه الجسيمات في البيئة سيكون كبيراً بنفس الدرجة. بل على العكس فإن هناك أكثر من سبب يدعو إلى افتراض أن الوسائل الحالية لضبط كمية الجسيمات الدقيقة ستتطور بدرجة عالية. إذ أن تزايد إطلاق الجسيمات بمعدل يبلغ ٢٠ ضعفاً بالقياس للمستوى الحالي، سيكون بالتأكيد أمراً غير محتمل بسبب خطورته على صحة الإنسان.

وقد استطاع بعض المتخصصين أن يحسب كمية الطاقة المستخدمة عام ١٩٧٣ والتي بلغت ما يعادل ٧,٦ ألف مليون طن متري من الفحم. وتعاود هذه حوالي ٠,١٪ من كمية الإشعاع الشمسي الذي تستقبله الأرض. وتشير الأرقام التي تقدر لسنة ٢٠٧٥ إلى أن مجموع الطاقة المستخدمة بواسطة الإنسان ستبلغ ٧٦ ألف مليون طن متري من الفحم أي حوالي ٠,١٪ من الطاقة الشمسية الداخلة. وإذا كان التأثير المناخي بالحرارة المضافة سيكون صغيراً على المستوى العالمي، فإن هذا التأثير ربما يكون كبيراً على المستوى المحلي. ففي اليابان على سبيل المثال تقدر الحرارة التي تنبعث من استخدامات الإنسان للطاقة بحوالي ٢,٦٪ من كمية الإشعاع الشمسي التي يتم امتصاصها عند سطح الأرض، وتبلغ هذه النسبة في غرب أوروبا حوالي ٠,١٪. وحتى مع زيادة السكان إلى حوالي ٢٠ ألف مليون نسمة وارتفاع معدل استخدام الفرد للطاقة بما يعادل ١٠ أمثال المتوسط العالمي الحالي. (ضعف المتوسط في الولايات المتحدة ١٩٧٥). فإن مجموع الطاقة المستخدمة ستبلغ ما يعادل ٤٠٠ ألف مليون طن متري من الفحم. أو ٠,٣٪ فقط من مجموع الأشعة الشمسية الممتصة من قبل الأرض. وتشير نماذج الدورة المناخية العامة الحالية أنه إذا ما توزعت الحرارة المنطلقة توزيعاً عادلاً على سطح الأرض فإن الزيادة المتوقعة في متوسط حرارة الطبقات السطحية من الغلاف الجوي على العالم ستبلغ ٠,٦°م ولكنها ربما تتراوح بين ٢° - ٣°م فيما وراء دائرتي عرض ٥٠° شمالاً وجنوباً في اتجاه القطبين.

أكبر كارثة طاقة في القرن العشرين

حدثت إحدى أكبر كوارث التلوث الجوي في القرن العشرين نتيجة لاشتعال النيران في عدة مئات من آبار النفط في الكويت في بداية العقد التاسع من القرن العشرين الماضي. وبالرغم من صعوبة التوصل إلى معلومات دقيقة حول وضع السحابة الدخانية السوداء التي تشكلت بسبب احتراق النفط، تشير التقديرات إلى اشتعال النيران في حوالي ٥٠٠ - ٦٠٠ بئر نفطية في الكويت، وإلى أن السحابة غطت الكويت وأجزاء من جنوب العراق وغرب إيران وشرق السعودية والبحرين، الأمر الذي جعل المشكلة إقليمية تمتد آثارها عبر الدول المجاورة للكويت، وقد أثرت أيضاً بشكل غير مباشر على مناطق أبعد وصلت إلى الهند وشرق أفريقيا وجنوب أوروبا. وقد لوحظ، على سبيل المثال، سقوط أمطار سوداء في كل من إيران وجنوب تركيا وسقطت ثلوج سوداء، على جبال ألهملايا شمال الهند.

وقد قدرت كمية النفط المحترقة بأربعة ملايين برميل يومياً. أما كميات الهباء الجوي Aerosols الناشئ عن الحرائق فقد قدرت بنحو ٥٠٠ ألف طن في الشهر. وقد سببت هذه الحرائق، حسب اعتقاد عدد كبير من العلماء، أكبر كارثة تلوث جوي في القرن العشرين. وشبه أحد خبراء برنامج الأمم المتحدة للبيئة هذه الكارثة بكارثة تشيرنوبل. وذكرت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية أن عشرات ملايين الأمطار المكعبة من الغازات انبعثت يومياً من الآبار المشتعلة. واعتقد بعض الخبراء أن استمرار اشتعال النيران في آبار النفط لمدة أربعة أشهر سيؤدي إلى تشكيل سحابة سوداء فوق منطقة مساحتها أربعة ملايين كيلومتراً مربعاً، الأمر الذي نشأ عنه انخفاض درجة الحرارة في تلك المنطقة عن معدلها المعتاد في مثل هذا الوقت من كل عام. وكان لإستمرار اشتعال الآبار عواقب وخيمة وآثار بيئية بعيدة المدى، أي أنها قد أثرت على نمط المناخ العالمي محدثة أضراراً جسيمة على طبقة الأوزون ودرجات الحرارة العالمية.

ومع أن الآثار البيئية لاحتراق آبار النفط شكلت كارثة لا مثيل لها على الكويت وبعض المناطق المجاورة لها، إلا أن التأثير على البيئة في الدول المجاورة يعد أقل خطورة بشكل كبير. فكثافة الدخان تشتت بفعل الرياح كلما ابتعدت السحب عن مراكز الاحتراق، مما يقلل بحدّة الآثار السلبية لهذه السحب. وقد أظهرت النتائج الأولية لدراسة أمريكية حديثة حول آثار التلوث في الخليج أن الغازات السامة الناجمة عن احتراق حقول النفط الكويتية لم تصل إلى مستويات خطيرة خارج الكويت. لكن مما يزيد من خطورة

التلوث الجوى الناتج عن الحروب أن إطفاء آبار النفط المحترقة فى الكويت احتاج إلى فترة طويلة زادت عن السنة. فمن ناحية كان يجب التخلص من الأنغام المحيطة بهذه الآثار، كما أن إرسال رجال الإطفاء مع معداتهم الضخمة قد احتاج إلى شهرين، حيث أن كل بدر تطلب بين ١٠٠ - ١٥٠ ألف طن من المياه لإطفائه.

وتكونت السحب الدخانية الناتجة عن احتراق آبار نفط الكويت من مركبات وغازات ملوثة للهواء مثل ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون وعشرات المركبات الهيدروكربونية متعددة الحلقات التى تعد مسرطنة. ويؤدى استنشاق هذه الغازات والجسيمات إلى أضرار صحية. وتكمن خطورة الجسيمات الدقيقة الناتجة عن احتراق النفط فى حجمها، إذ أن صغر حجمها الذى يقل عن ١٠ ميكرومتراً (البكومتر يساوى ٠.٠٠٠٠٠١ ملليمتر) يجعلها قادرة على دخول الرئتين والحويصلات الهوائية والتأثير على الجهاز التنفسى.

ويمكن أن يؤدى اشتداد تلوث الجو إلى الإصابة بأمراض الرئة والقلب على المدى الطويل. كما يؤدى التلوث إلى تسمم الطعام والمياه ومن ثم تعريض من يتناولهما إلى الأمراض. وتقل حدة التلوث البيئى بالطبع مع ابتعاد المنطقة عن الآبار المحترقة. إلا أن كثافة التلوث فى الدول المجاورة أقل كثيراً منها فى الكويت. لذلك فإن الأضرار الصحية للمساهمة الدخانية تعد محدودة فى تلك المناطق. فالأطفال وكبار السن قد يتعرضون لضيق فى التنفس نتيجة للتلوث، وقد يتعرض البعض لنوبات حساسية شبيهة بحالات الربو إضافة إلى حدوث زيادة فى الأمراض القلبية. كما أن الجسيمات الدقيقة فى الهواء تهيج الغشاء المخاطى للجهاز التنفسى، مما يؤدى إلى الإصابة ببعض الأمراض التنفسية المزمنة مثل الربو والسعال الحاد.

من جهة أخرى يعد نفط الكويت غنياً بمادة الكبريت، التى تشكل نسبة ٢.٥ فى المائة منه. واحتراق ٤ ملايين برميل يومياً لمدة عام كامل قد أدى إلى إنتاج حوالى خمسة ملايين طن من ثاني أكسيد الكبريت وإطلاقها فى الغلاف الجوى، إضافة إلى حجم مماثل من أكاسيد النيتروجين التى قد تؤدى إلى سقوط أمطار حمضية. إلا أن تأثير الأمطار الحمضية فى الكويت والمناطق المجاورة لها يعد محدوداً عموماً بسبب ندرة الأمطار من ناحية ولأن الطبيعة القاعدية للتربة تقلل من التأثيرات السلبية للأمطار الحمضية التى تتعادل معها من ناحية أخرى.

وفيما يتعلق بمدى التأثير الأيكولوجي لاشتعال آبار النفط، مازال هناك جدل بين العلماء حول ما إذا كانت الآثار ستحدث تغيرات في أنماط المناخ والتلوث في الغلاف الجوى. ولكن مدى اتساع رقعة التلوث الجوى يعتمد على مدى الارتفاع الذى تصله الأدخنة. فإذا قدر للدخان أن يصل إلى طبقات الجو العليا فإنه سيبقى هناك لفترة طويلة قد تصل إلى سنوات، فضلاً عن دخوله ضمن دورة التيارات الهوائية العليا بحيث يعم تأثيره على جميع أنحاء العالم. أما إذا كان الارتفاع الذى تصل إليه الأدخنة منخفضاً فأغلب الظن أنه سيعود في فترة زمنية وجيزة إلى الأرض ويصبح تأثيره محلياً.

ويبدو أن الدخان لم يصل إلى الارتفاعات العليا التي تلجأ بها بعض علماء المناخ والبيئة، لذلك فإن معظم التأثيرات البيئية لاشتعال النفط الكويتي من المرجح أن تكون محلية ومحصورة في المناطق المجاورة. لكن تخوف بعض العلماء من أن تؤدي حركة الرياح إلى نقل كتل السحب الدخانية السوداء غرباً ونشر التلوث فوق سماء القارة الإفريقية الأمر الذي قد يقاوم من أوضاع المجاعة في بعض الدول مثل السودان وأثيوبيا.

كما أن كثافة السحب الدخانية قد أدت إلى حجب الشمس ومن ثم انخفاض معدلات وصول أشعة الشمس إلى سطح الأرض مما يسبب انخفاض درجات الحرارة. وشبه بعض العلماء حالة الجو في الكويت نتيجة لاحتراق مئات آبار النفط بالشاء النووي الذي تخيل العلماء حدوثه نتيجة لحرب نووية، حيث يؤدي الغبار المتطاير إلى تشكيل سحب كثيفة تمنع أشعة الشمس من اختراقها، فيعم الظلام والبرد لفترات طويلة قد تؤثر على أنماط المناخ وتدمر الزراعة على الأرض. إلا أن مثل هذه الحالات حدثت فقط في مناطق اشتعال آبار النفط حيث حجبت السحابة السوداء أشعة الشمس وتحول النهار إلى ظلام دامس نتيجة لكثافة الدخان المتصاعد من الآبار المشتعلة. ويشير بعض العلماء إلى احتمال هبوط معدل درجة حرارة الجو في منطقة الكويت عدة درجات مئوية. ويؤثر هذا الأمر سلباً على الإنتاج الزراعي وبالتالي تراجع كميات المحاصيل المنتجة. إلا أن علماء البيئة والمناخ يستبعدون في الوقت الحالي أن يكون لاحتراق آبار النفط في الكويت آثار مناخية طويلة المدى.

من ناحية أخرى خشى خبراء البيئة والمناخ من أن تسبب الكمية الضخمة من غاز ثاني أكسيد الكربون والأكاسيد الأخرى المنبعثة من الآبار المشتعلة إلى المساهمة في ظاهرة الدفينة أو البيت الزجاجي (أي ارتفاع معدل درجات الحرارة على سطح كوكب

الأرض). وتعد ظاهرة الدفيلة - التي تسمى أيضاً بالاحتباس الحرارى التى سنأتى دراستها بالتفصيل فى الفصل التالى (الفصل الثامن) - ذات آثار خطيرة على البيئة، فهى تؤدى إلى ذوبان الثلوج وارتفاع مستوى مياه المحيطات والبحار وإغراق مساحات ساحلية شاسعة، إضافة بالطبع إلى آثارها السلبية على عملية الإنتاج الغذائى. لكن رغم وجود بعض خبراء المناخ الذين يعتقدون باحتمال مساهمة اشتعال آبار النفط فى ظاهرة الدفيلة، يؤكد معظمهم أن آثار هذه الحرائق على المناخ العالمى ستكون محدودة.

تلوث الهواء Air Pollution

يحدث تلوث الهواء بأنواعه المختلفة وبصورة رئيسية فى طبقة التروبوسفير ويمتد قليلاً إلى الجزء الأسفل من طبقة الاستراتوسفير. ومن المعروف أن الهواء الجوى خليط من عدة غازات أهمها الأكسجين والنيتروجين بالإضافة إلى غازات أخرى توجد بنسب أقل مثل ثانى أكسيد الكبريت وبعض الغازات الخاملة، مثل الهليوم والنيون والأرجون والكربون بالإضافة إلى بخار الماء. ويمكن أن نعد الهواء ملوثاً عند اختلال نسب هذا الخليط أو بتدخل غازات أو جسيمات غريبة. ولم تظهر هذه المشكلة إلا فى أعقاب التطور الصناعى والتكنولوجى.

ويحدث تلوث الهواء عندما تدخل جسيمات عضوية أو غير عضوية إلى الهواء الجوى وتشكل أضراراً على عناصر البيئة، ونتيجة التغير الكمي والنوعي الذى يطرأ على تركيب عناصر النظام البيئى، فإن النظام البيئى يصاب بعدم الكفاءة وحدوث خلل أو شلل تام به. ويعد تلوث الهواء أكثر أشكال التلوث البيئى انتشاراً نظراً لسهولة انتقاله من منطقة إلى أخرى فى فترة زمنية قصيرة، ويؤثر تلوث الهواء على الإنسان بإصابته بأمراض كثيرة وبالتالي تلخفض كفاءته الإنتاجية، كما ترتفع معدلات الوفيات بسبب زيادة الأمراض المرتبطة بزيادة معدلات تلوث الهواء. كما يقل تلوث الهواء من الإنتاجية الزراعية بالإضافة إلى التغيرات المتوقعة على المناخ العالمى حيث زيادة الغازات ذات التأثير العسوى إلى انحباس حرارة تزيد من حرارة كوكب الأرض، وما يتبع ذلك من تغيرات متوقعة فى مستويات البحار، وما ينتج عنه من غرق للمناطق الساحلية، وكذلك يؤثر ارتفاع الحرارة على تخريب نظم الزراعة الحالية ومعدل انتشار الأوبئة والأمراض.

وتنقسم مصادر تلوث الهواء إلى مصدرين أساسيين هما:

(١) المصادر الطبيعية

وهي المصادر التي تتم بفعل الطبيعة أو مكونات البيئة مثل الغازات التي تنبعث من التراكين، والغازات الطبيعية التي تتكون في الهواء وغاز الأوزون المنتج طبيعياً أو الغبار وغيرها من المصادر الطبيعية والتي لا دخل للإنسان بها.

(٢) المصادر البشرية

وتتمثل هذه المصادر في الملوثات الصناعية، وقد زاد تأثير المصادر البشرية على البيئة بصفة عامة وتلوث الهواء بصفة خاصة بعد الثورة الصناعية وما تبعها من توسع في إنتاج واستغلال الوقود الحفري، وهذه الأنشطة تضيف غازات ومواد كثيرة إلى النظام البيئي الأمر الذي يؤدي إلى بلوغ الحد الحرج وبالتالي تدهور القدرة الاستيعابية لعناصر النظام.

وينتج تلوث الهواء من مصادر بشرية مختلفة أهمها احتراق الوقود لإنتاج الطاقة اللازمة سواء للتسخين أو لتشغيل المركبات كالسيارات والطائرات والسكك الحديدية، إضافة إلى الغازات الضارة الناتجة من المصانع المختلفة كالمصانع الكيماوية والحديد والصلب والأسمنت وغيرها، وأخيراً التلوث الناتج من تشغيل محطات القوى الكهربائية.

ويُقاس مدى التلوث بمقدار ما يحدث من تغير في تركيب الهواء واختلاطه بالغازات الضارة والتي تؤثر على حياة كافة الكائنات. والغازات الضارة المسببة للتلوث تشمل غازات أول وثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين وأبخرة بعض الفلزات السامة مثل الرصاص.

تلوث الهواء بأول أكسيد الكربون

يُتميز هذا الغاز بانعدام اللون والرائحة ودرجة السمية العالية حيث يتكون نتيجة الاحتراق غير الكامل للوقود في السيارات وفي بعض الصناعات مثل صناعة الحديد والصلب وصناعة لب الخشب. وعندما يتنفس الإنسان الهواء الملوث بغاز أكسيد الكربون فإنه يؤدي إلى إقلال نسبة الهيموجلوبين الموجودة في الدم واللازمة لنقل الأكسجين اللازم لعملية التنفس وتولد الطاقة لجميع خلايا الجسم. وتجدر الإشارة في هذا الصدد إلى أن تدخين السجائر يحدث تلوثاً بالهواء من أول أكسيد الكربون الناتج عن التدخين.

تلوث الهواء بثاني أكسيد الكربون

ينتج هذا الغاز من الاحتراق الكامل للوقود، في وجود كمية وفيرة من الهواء،

كالخشب أو الفحم أو مقطرات البترول. وغاز ثانى أكسيد الكربون غاز خائق إلا أنه غير سام. وكمية ثانى أكسيد الكربون الموجودة فى طبقة الفريوسفير تتوقف على الإنزنان الكائنان فى دورة الكربون، التى تشمل انتقاله للدائم والمستمر خلال الهواء والماء فى البحار والمحيطات والمحتويات العضوية الموجودة فى التربة، ونظراً للنشاط المتزايد للإنسان سواء الناتج عن التقدم العلمى والصناعى له أو للزيادة العددية للسكان فإن نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون قد ارتفعت فى الغلاف الجوى للأرض نتيجة احتراق الكميات الهائلة من مختلف أنواع الوقود المستخدمة فى كافة وسائل المواصلات، إضافة إلى الإعتداء المسافر للإنسان على الغابات الطبيعية وإزالتها من الوجود كما يحدث فى بعض بلاد أمريكا الجنوبية وفى بعض المناطق فى قارة أفريقيا قد أسهم فى زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى. وازدياد نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى الجو يؤدى إلى امتصاص زيادة من الإشاعات الحرارية المنعكسة من سطح الأرض والاحتفاظ بها وأغلبها يتكون من الأشعة تحت الحمراء ذات الموجات الطويلة وبالتالي تؤدى إلى ارتفاع درجة حرارة الجو عن المعدل المعتاد.

رتوقع العلماء أن الزيادة الهائلة والمستمرة لغاز ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى وما يتبعه من ارتفاع فى درجة حرارة الجو سيؤدى إلى ذوبان الجليد المتراكم فى القطبين الشمالى والجنوبى لكوكب الأرض وفى قمم الجبال العالية. وبالتالي ارتفاع مستوى سطح الماء فى البحار والمحيطات وفى النهاية إغراق الكثير من السواحل المنخفضة التى تقع على حواف القارات، وهذا يؤدى بطبيعة الحال إلى الإخلال الخطير فى التوازن الموجودة بين كافة عناصر الطبيعة الأمر الذى يهدد الإنسانية جمعاء بالمواقب الوخيمة على كوكب الأرض.

دورة ثانى أكسيد الكربون

تقد زادت كمية ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى (مقدراً بوزن الكربون) خلال ١١٠ سنة الماضية من ٧٢ الى ٨٣ ألف مليون طن متري، أو ١١,٥ ٪ الى ١٣,٥ ٪ من كمية الأشعاع الشمسى الذى يستقبله كوكب الأرض. وتحول فى نفس الفترة حوالى ١٢٧ ألف مليون طن متري من الكربون الكامن فى الوقود الحفري والحجر الجيرى الى ثانى أكسيد الكربون والذى انطلق نحو الغلاف الجوى (اسهمت صناعة الاسمنت بحوالى

٢ % من هذه الكمية وجاعت النسبة الباقية ٩٨ % من احتراق الوقود الحفري) . كما أضافت البراكين حوالي ٤ آلاف مليون طن متري وهي كمية أقل من ٣ % من كمية الكربون الذى يصنعه الإنسان . ولكن من المحتمل أن تسهم عملية تجوية الصخور فى استبعاد كمية من ثانى أكسيد الكربون مساوية لما تطلقه البراكين . وقد أسهمت عملية إزالة الغابات والاحراج والسفانا والحشائش من أجل التوسع الزراعى بالاضافة الى التعديلات الأخرى التى احدثها الانسان فى الغطاء النباتى والثروة فى اطلاق حوالى ٧٠ ألف مليون طن متري صافى من الكربون، ممثلاً فى ثانى أكسيد الكربون الى الغلاف الجوى .

ومن الثابت علمياً أن كمية ثانى أكسيد الكربون التى تنطلق نحو الغلاف الجوى، يبقى بعضها عالقاً فى الجو والباقي تستوعبه الطبقات تحت السطحية من مياه البحار والمحيطات وكذلك نطاق المواد العضوية الأرضية (يتكون ٧٠ % من كمية المواد العضوية فى هذا النطاق، والتى تقدر بحوالى ٢٨٠٠ ألف مليون طن متري، من المواد العضوية الميتة - ومعظمها يمثله دربال التربة - وحوالى ٣٠ % تتمثل فى جذور وجذوع وسيقان وفروع وأوراق النباتات الخضراء، بالإضافة إلى الأوراق التى تنفضها الاشجار على سطح الأرض) . وتشير التقديرات إلى أن ٤٠ % من كمية ثانى أكسيد الكربون التى تنطلق الى الهواء يستوعبها نطاق المواد العضوية الأرضية، ٢٠ % تستوعبها مياه البحار والمحيطات، ٤٠ % تبقى عالقة فى الهواء .

تشير التقديرات كذلك إلى أنه اذا ما استمر الوقود الحفري يمثل المصدر الرئيسى للطاقة فى العالم طوال المائة سنة القادمة، فإن حوالى ٢٤٠٠ ألف مليون طن متري من الكربون ممثلة فى ثانى أكسيد الكربون ستنتقل الى الهواء حتى عام ٢٠٩٠ . وتقدر هذه الكمية بحوالى ٢٠ مثلاً للكمية المنتجة من الوقود الحفري حتى ثمانينيات القرن العشرين، وبحوالى أربعة أمثال ما كان قائماً فى الغلاف الجوى قبل الانقلاب الصناعى . ومن المحتمل أن أكثر من نصف هذه الكمية سيبقى عالقاً فى الهواء . ويبدو هذا الاحتمال متناقضاً لأول وهلة على أساس أن المحيطات تحوى كبرونات يقدر بحوالى ٦٠ مثلاً لما هو موجود فى الهواء، والنطاق العضوى الأرضى يحوى تقريباً أربعة أمثاله على الأكثر . هذا على فرض أن تقسيم كمية ثانى أكسيد الكربون المضافة بين الغلاف الجوى والمحيطات ونطاق المواد العضوية الأرضية يتم بنفس الكميات الموجودة فى الوقت الحاضر . ولكن مما تجدر الإشارة إليه أن كمية ثانى أكسيد الكربون التى يمكن أن

نستوعبها المحيطات ستصبح محدودة بالقياس لما هو مفروض نتيجة لفئة كميات ايونات الكربون في مياه المحيطات. وبالتالي تضعف قدرة ثاني أكسيد الكربون على الذوبان في الماء، ويشبه الغلاف الجوى بدوره المحيطات في قدرته المحدودة على استيعاب الكربون نتيجة للتوازن بين عملية التمثيل الضوئى وتأكسد المواد العضوية.

وبسبب الطبيعة الطباقية الجيدة للمحيطات، فأن الحركة التبادلية الرأسية بين المياه السطحية والمياه العميقة تصبح بطيئة جداً. ولهذا فإنه على الرغم من أن نسبة اضافة ثاني أكسيد الكربون من الوقود الحفري ستستمر فى الزيادة بمعدلات كبيرة، ألا أن جزءاً محدوداً من جملة حجم المحيطات يمكن أن يمارس دورة كم منطقة مستوعبة لنسبة كبيرة من ثاني أكسيد الكربون المضاف. وقد حسب أن بطء الحركة التبادلية الرأسية لمياه المحيطات بالإضافة الى القلة النسبية لتركز ايونات الكربون فى المياه السطحية - وهى كلها عوامل تقلل من فرص ذوبان الكربون فى الماء - يمكن أن يؤدى إلى إبقاء حوالى ٨٠ ٪ من كمية ثاني أكسيد الكربون المضاف خلال القرن القادم عالقاً فى الهواء. ولو حدث هذا فإن درجة تركيز ثاني أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى ربما تصبح فى القرن الثانى والعشرين ١٠٠٠، حدود سبعة أمثال قيمته قبل الانقلاب الصناعى.

وقد نجح العلماء فى منتصف السبعينيات من القرن العشرين فى وضع نموذج مناخى ثلاثى الأبعاد للدورة العامة للغلاف الجوى، يكشف عن الآثار التى تنجم عن تضاعف ثاني أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى. وعلى الرغم من التسليم بأن هذا النموذج غير دقيق فى عدد من الجوانب الهامة إلا أنه يعد من أكثر الطرق المبتكرة اكتمالاً فى هذا المجال حتى الآن. ويتوقع هذا النموذج فى حالة تضاعف كمية ثاني أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى بارتفاع فى متوسط درجة الحرارة فى الطبقات الدنيا من الغلاف الجوى فى العروض الوسطى ما بين 2° - 3° مئوية، وزيادة فى كمية التساقط فى حدود ٧ ٪. هذا وترتفع درجة الحرارة فى المناطق القطبية بحوالى ٣ - ٤ درجات مئوية. ويتوقع ضمناً زيادة درجة حرارة الجو فى حدود ٢ - ٣ مئوية مع كل تضاعف فى كمية ثاني أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى.

وعلى الرغم من أنه لم يظهر حتى الآن من المؤشرات ما يشير إلى أن التوليد المباشر للحرارة عن طريق انتاج واستهلاك الطاقة فى العقود القليلة القادمة يتسبب فى

ارتفاع متوسط درجة حرارة الكرة الأرضية بأكثر من ٠.٥°م، إلا أن هناك احتمالاً لوجود آثار هامة على مستوى المناخات المحلية. وإذا أمكن ضبط الزيادة المناظرة في حجم الجسيمات الدقيقة بصفة خاصة فإن أي زيادة منها في حمولة الغلاف الجوى سوف لا يترتب عليها الا تأثير طفيف في المناخ على مستوى العالم.

وبناء على ما تقدم تصبح الآثار الناجمة عن التغيرات المناخية بسبب زيادة كمية غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء السبب الرئيسى فى الدعوة لضرورة الحد من انتاج الطاقة من الوقود الحفرى على مدى العقود القليلة القادمة. وتصبح الرغبة للقضاء على التغيرات المناخية الحافز لجهود أكبر في مجال الصيانة والتحول السريع بصورة أكبر نحو مصادر طاقة بديلة بغض النظر عن المبررات الاقتصادية وحدها. اذ يمكن أن نتفاهم قدرة تأثير ثاني أكسيد الكربون على المناخ في ظل تواجد كل من غاز الفلورين الكربونى والغازات الصناعية الأخرى. ومن ناحية أخرى يمكن للتذبذب الطبيعى للمناخ من أن يزيد أو يقلل تأثير مثل هذه المؤثرات التى يصنعها الإنسان.

وإذا كانت العلاقات المتداخلة بين دورة الكربون والمناخ تكتنفها شكوك كبيرة فأننا يمكن أن نجد مثل هذه الشكوك من خلال بذل جهد منسق وبرتقيات خاصة. وهنا يجب أن يعطى لاحتمال تغير المناخ نتيجة لإطلاق ثاني أكسيد الكربون عن طريق انتاج الطاقة من الوقود الحفرى اهتمامات كبيرة وعاجلة من جانب المنظمات والوكالات القومية والعالمية المعنية. ويصبح الأمر فى حاجة الى نوعين من العمل: أولاً، تنظيم برنامج أبحاث شاملة على مستوى العالم من ناحية ، وثانياً إنشاء مؤسسات جديدة من ناحية أخرى. ويتضمن برنامج الأبحاث الشاملة المقترح على مستوى العالم دراسات عن دورة الكربون والمناخ والتغيرات السكانية المستقبلية واحتياجات العالم من الطاقة والوسائل الكفيلة بتخفيض أثر التغير المناخى على انتاج الغذاء العالمى. وفيما يلى دراسة موجزة عن عناصر هذا البرنامج المقترح كل عنصر على حدة.

ثاني أكسيد الكربون والنظام الجوى - المحيطي - الحيوى،

يعد الفهم الجيد لكيفية تقسيم كمية الكربون بين الغلاف الحوى الأرضى والمحيطات والغلاف الجوى أمراً أساسياً، ويمكن أن نحصل عليه بالوسائل التالية:

أ - نحن في حاجة من وقت لآخر إلى إجراء قياسات عن نسبة التغيرات في كلا نظيرى الكربون الدائمين (ك ١٣، ك ١٢) في الغلاف الجوى لتحديد الحركة الصافية للكربون بين الغلاف الجوى والغلاف الحيوى. ويمكن أن نحصل على نسبة هذه التغيرات في الماضى من خلال دراسة تتابع الحلقات في جذوع الاشجار التى تقع فى مناطق منعزلة وبعدة بقدر الإمكان عن المصادر البيولوجية أو الصناعية المولدة لثانى أكسيد الكربون. ولما كانت التغيرات فى نسبة ك ١٣، ك ١٢ على ضوء قياس معاملات الخطأ بطريقة عشوائية تغيرات صغيرة فإن الأمر يحتاج بالتالى إلى قياسات كثيرة فى المواقع الجغرافية على نطاق واسع.

ب- يجب أن تتم تقديرات أفضل عن الأراضى التى يتم تطهيرها سنوياً من غطائها النباتى من أجل الزراعة والأغراض الأخرى. ويمكن الحصول على هذه التقديرات ابتداء من عام ١٩٧٢ وما بعده عن طريق احصاءات الموارد الأرضية التى تسجلها الأقمار الاصطناعية. أما التقديرات عن الفترة السابقة لعام ١٩٧٢ فيمكن الحصول عليها من خلال إجراء دراسة تاريخية احصائية عن تطور نمو المساحات المزروعة فى كل القارات منذ بداية القرن التاسع عشر.

ج- يجب أن تتم محاولات لتقدير حجم التغيرات فى مساحة الغابات فى انحاء العالم وبصفة خاصة فى المناطق المدارية وشبه المدارية، وتمثل الاخشاب ممثلة فى الاشجار الحية العنصر الرئيسى لهذه الكتلة النباتية، ونستطيع من خلال قياس تباين كثافة الحلقات المتتالية للشجرة أن نتعرف على التغيرات فى معدل صافى الانتاج الأوتى للاشجار، على الأقل بالنسبة للعروض المعتدلة. وتصبح دراسة تتابع الحلقات للكثير من الأشجار (لعدة آلاف) أمراً ضرورياً كعينة مباسية. كما يجب أن نبذل الجهود أيضاً فى أوقات مختلفة لتقدير كمية الأوراق والأعضاء الأخرى للاشجار تلك التى تشارك فى عملية التمثيل الضوئى، كذلك معدل سقوط الأوراق والأغصان الميتة من الأشجار.

د - ينبغي عمل تقديرات متطورة عن نسبة دويال التربة الذى يطلق منه بدوره ثانى أكسيد الكربون الى الغلاف الجوى. ولهذا يجب أن تحدد التغيرات فى كمية الدويال فى الأراضى الزراعية والمساحات الأخرى التى تم تطهيرها. كما أننا نحتاج الى

التعرف على التوزيع الحالى لدويال التربة على مستوى العالم ليستخد كآساس للمقارنة مع القياسات المستقبلية .

هـ- ينبغي أن نحصل على متوسطات القيم الشهرية المقارنة للضغط الجزئى لثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى من خلال القياسات المستمرة فى عدد من المحطات التى يتم اختيار مواقعها بعناية على مدى دوائر العرض المختلفة فى كلا نصفي الأرض . ولعل من أحد الأهداف الرئيسية لمثل هذه القياسات فى شبكة المحطات المذكورة ، هو دراسة التغيرات التى تحدث فى كمية ما يحمله الهواء من غاز ثانى أكسيد الكربون من سنة لأخرى نتيجة لاحتراق الوقود الحفري وتطهير الأرض من غطائها النباتى .

وقد تبين أن هذه التغيرات ترجع إلى تذبذب انطلاق ثانى أكسيد الكربون من طبقة المياه السطحية من المحيطات ، وسوف تعطينا مثل هذه التغيرات رؤية أوضح عن ذى قبل عن دور العمليات المحيطية فى تقسيم ثانى أكسيد الكربون بين المحيطات والغلاف الجوى .

و - يمكن أن نحصل على رؤية أكثر بعدا عن دور هذه العمليات بقياسات متتالية فى أوقات معينة لكمية ثانى أكسيد الكربون والضغط الجزئى لثانى أكسيد الكربون للمياه السطحية وتحت السطحية فى شبكة محطات لمراقبة هذه العمليات على مستوى العالم . وبطبيعة الحال تختلف هذه القياسات اختلافا كبيرا نتيجة لاختلاف العمليات البيولوجية المحلية والعمليات المحيطية الأخرى . ومن ثم يصبح من المتعذر الاستفادة من هذه القياسات فى تفهم مشكلة ثانى أكسيد الكربون العالمية . ويصبح من المرغوب فيه القيام بمزيد من التحليل لهذا النمط من القياسات .

ز - كما نحتاج الى تقديرات متطورة عن كمية ثانى أكسيد الكربون المنطلقة نتيجة لاحتراق الوقود الحفري . ولهذا يجب أن تستكمل الاحصاءات العالمية الخاصة بكمية استهلاك الوقود الحفري بتقدير كمية الكربون فى الوقود المستهلك كل سنة . ولما كانت تقديرات استهلاك الوقود يعبر عنها بكمية الطاقة وليس بكمية الكربون ، فإن كمية ثانى أكسيد الكربون المنطلقة وغير المؤكدة فى الوقت الحاضر تتراوح بين ١٠ ٪ الى ١٥ ٪ من كمية الطاقة المستخدمة .

ح- يجب أن تتم سلسلة من القياسات عن انتشار غاز التريتيوم الناجم عن تجارب الأسلحة النووية التي تتم على فترات في المياه تحت السطحية للمحيطات مرة كل خمس سنوات. ويبدو أن مثل هذه القياسات لتوزيع غاز التريتيوم في المحيطات والتي تتم في أوقات متباعدة، تعد من أكثر الوسائل التجريبية كفاءة لدراسة عمليات المزج (الخلط الأفقي والرأسي والدوامي) في الألف متر العلوية تقريباً من مياه البحار والمحيطات. وتعد مثل هذه العمليات على درجة كبيرة من الأهمية في تقدير تقسيم كمية ثاني أكسيد الكربون المنبعث من الوقود الحفري بين المحيطات والغلاف الجوي.

ط- يمكن أن نحصل بصفة أساسية، من حيث المبدأ على فحص مستقل عن عمليات تقليب مياه المحيطات لو أن أثر التناقص في محتويات الكربون الإشعاعي من الغلاف الجوي الجوى من بداية القرن التاسع عشر حتى عام ١٩٥٠ نتيجة حقن الغلاف الجوي بالكربون ١٤ من ثاني أكسيد الكربون المنطلق من الوقود الحفري إلى الغلاف الجوي كان معروفاً بدقة أكثر. إذ تبلغ درجة الشك في أثر هذا التناقص في حدود $\pm 15\%$. ولهذا فنحن في حاجة إلى قياسات أكثر وأكثر للكربون ١٤ في حلقات مجموعة من الأشجار تختار مواقعها بعناية لتغطي الفترة من عام ١٨٠٠ حتى عام ١٩٥٠.

ي- كما يجب أن تعطى للملاحظات التالية مزيداً من الاهتمام في الدراسات المستقبلية ولكن بدرجة أقل من التوصيات السابقة الخاصة بثاني أكسيد الكربون. وهذه الملاحظات هي: الاهتمام بجمع العلاقات الخاصة بمعدلات التبادل بين المياه المتغللة داخل الصخور الجيرية ومياه الأعماق التي تتركز فوق هذه الصخور لأنها ستعدنا بتقديرات أفضل عن المعدلات المحتملة لذويان كربونات الكالسيوم وما صاحبه من زيادة مماثلة في قدرة المحيطات على استيعاب ثاني أكسيد الكربون؛ كما أننا في حاجة إلى بيانات أكثر عن توزيع الأروانثيت (أكثر نوعي كربونات الكالسيوم البلورية ذوباناً) في الصخور الرسوبية الجيرية الضحلة والعميقة للوصول إلى تقديرات أفضل عن إمكانية ذوبان كربونات الكالسيوم؛ ويمكن أن نقرر بصورة مباشرة عن طريق قياس التغيرات في قلوية مياه المحيطات ما إذا كان ذوبان

كربونات الكالسيوم قد حدث فعلاً، وإذا حدث فعلاً فالى أى حد، ومما تجدر الإشارة إليه أن هناك طرقاً جديدة بالغة الدقة لقياس القلوية فى حدود جزء واحد فى العشرة آلاف، وهى مماثلة لنسبة تغير ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى فى حدود ٠.٠٠١ ٪ وأخيراً، يمكن أن نقلل من كمية ثانى أكسيد الكربون داخل نظام الغلاف الجوى والمياه المحيطية لو تزايدت سرعة معدل تساقط المواد العضوية الدقيقة من الطبقة تحت السطحية الى مياه المحيط العميقة. وهذا أمر يمكن لو زاد انتاج التمثيل الضوئى للمواد العضوية فى مياه المحيط القريبة من السطح. ولما كانت درجة التمثيل الضوئى فى هذه المياه تتحكم فيها كميات مركبات الفسفور والنيتروجين المذابة، فإنه ربما يصبح فى الامكان مستقبلاً أن نقوم بنشر كمية كبيرة من مركبات الفسفور والنيتروجين الاصطناعية فوق مساحات واسعة من المحيطات بتكلفة أقل نسبياً اذا ما قورنت بالتكلفة الكلية لثانى أكسيد الكربون الناتج من مصادر الوقود الحفري. ويمكن أن نتعرف على تأثير هذه الطريقة بالقياسات المقارنة لمعدل سقوط المواد العضوية فى كلا المناطق المحيطية ذات القدرة الانتاجية العالية وغير المنتجة. وبصفة أساسية سيؤدى تسميد مياه المحيطات بعشرة ملايين طن من الفسفور الى انتاج كمية من مركبات الكربون العضوى التى تهوى نحو الاعماق فى حدود ٣٠٠ مليون طن متري.

تلوث الهواء بثانى أكسيد الكبريت

يتغير هذا الغاز برأسته النفاذه وخواصه الدآكلية حيث ينتج من مصادر طبعية مثل البراكين وينابيع المياه الكبريتية وتحلل المواد العضوية الكبريتية. وينتج كذلك بفعل احتراق الوقود الحفري مثل الفحم والبترول حيث يتأكسد ما به من كبريت الى ثانى أكسيد الكبريت إضافة الى غاز ثانى أكسيد الكربون، كذلك يتكون هذا الغاز فى مصانع تكرير البترول واستخلاص بعض المعادن مثل النحاس وفى صناعة إنتاج لب الخشب وإنتاج الطوب.

ويؤدى التعرض لاستنشاق هواء ملوث بغاز ثانى أكسيد الكبريت الى الإصابة بالكثير من الأمراض التنفسية والتى لها تأثير ضار على الصحة العامة. ويتحد ثانى أكسيد الكبريت بأوكسجين الهواء منتجاً غاز ثالث أكسيد الكبريت والذى عند ذوبانه فى بخار

النماء الموجود في الهواء يعطى حامضاً قوياً هو حامض الكبريتيك والذي ينتشر بدوره في الهواء ويبقى معلقاً به على هيئة رذاذ والذي يتساقط بعد ذلك على سطح الأرض مع الأمطار ومع الجليد مما يؤدي إلى تلوث التربة الزراعية ومياه الأنهار والبحيرات العذبة. وبالتالي الأضرار بحياة كافة الكائنات الحية من إنسان وحيوان ونبات.

ويؤدي التلوث بغاز ثاني أكسيد الكبريت إلى حدوث ظاهرة الأمطار الحامضية (Acid Rain) والتي تحدث بكثرة في أجواء المناطق الصناعية وخاصة في الدول الأوروبية وفي أمريكا الشمالية، سيأتي ذكرها فيما بعد بالتفصيل. وقد أدت هذه الأمطار الحامضية إلى إلحاق الضرر بالغابات في السويد والتي تعد من أهم المصادر الطبيعية لإنتاج لب الخشب والذي يستخدم في صناعة الورق.

وقد لوحظ أن زيادة التلوث بغاز ثاني أكسيد الكبريت يؤدي إلى إلحاق الضرر بالكثير من المباني والمنشآت، كما يسبب تآكل التماثيل المصنوعة من المعادن والتي تقام بالميادين في الكثير من المدن. وللحفاظ على صحة الإنسان وكافة الكائنات من حيوان ونبات من الآثار السيئة لهذا الغاز فقد وضعت الكثير من الدول القوانين والتشريعات الخاصة بتحديد نسبة الكبريت المصروح بها في مختلف أنواع الوقود مثل الفحم والجازولين والسولار والديزل والمازوت وغيرها.

تلوث الهواء بأكاسيد النتروجين

تتكون أكاسيد النتروجين باتحاد غاز الأوكسجين مع النتروجين. وهي تشمل أكسيد النتريك، وهو غاز شفاف عديم اللون. وثاني أكسيد النتروجين وهو غاز له رائحة نفاذة وذو أثر سام، وهذه الأكاسيد تحدث تلوثاً للهواء عندما تتكون نتيجة احتراق الوقود مثل الفحم أو الجازولين والسولار أو الديزل والمازوت والمحترقة على نسبة صغيرة من المركبات العضوية النتروجينية بالإضافة إلى تكوينها خلال بعض العمليات الكيميائية داخل المصانع.

وتتكون أكاسيد النتروجين أيضاً في طبقات الجو العليا بواسطة التفاعلات الكيميائية الضوئية. وتمتزج هذه الأكاسيد ببخار الماء الموجود في الجو معطية حامض النتريك وتساهم أكاسيد النتروجين مع غاز ثاني أكسيد الكبريت في تكوين الأمطار الحامضية. كما تنتشر هذه الأكاسيد في الطبقات العليا من الغلاف الجوي حيث تصل إلى طبقة الأوزون والتي تحمي سطح كوكب الأرض من التأثيرات الضارة للأشعة فوق

البنفسجية الصادرة من الشمس، حيث تحدث بعض التفاعلات الكيميائية الضوئية في طبقة الأوزون مما يسبب الكثير من الأضرار لكافة الكائنات الحية وخاصة الإنسان وإصابته بأخطر الأمراض.

تلوث الهواء بمركبات الرصاص

فى القرن العشرين المنصرم وما تبعه من تقدم علمى وتكنولوجى ونظراً للزيادة الهائلة فى أعداد السكان وخاصة فى المدن المزدحمة والتي تزدحم بكافة وسائل النقل والمواصلات وما تحدثه من تلوث هائل بالهواء نتيجة احتراق الوقود فى محركات السيارات، تنطلق كميات هائلة من الغازات الضارة مثل أول وثانى أوكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت والنيتروجين بالإضافة إلى بخار المواد الهيدروكربونية والتي لم تتأكسد داخل محركات السيارات. وعندما تتعرض هذه الغازات التي تنطلق بصورة مستمرة ليلاً ونهاراً داخل المدن للأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس يحدث تفاعل كيميائى ضوئى ينتج عنه تكوينى ما يعرف بالضباب المخلط بالدخان القائم اللون أو ما يعرف باسم «الضبخان» Somg والذي يبقى معلقاً فى الجوف لفترات طويلة فوق هذه المدن والتي تعاني كثرة السكان. ويسبب هذا الضباب الكثير من الأضرار الصحية لسكان هذه المدن، ويشاهد هذا الضباب المدخن فى الكثير من المدن الكبرى والمزدحمة بالسكان وكافة وسائل النقل والمواصلات مثل مدينة نيويورك ولوس أنجلوس بالولايات المتحدة الأمريكية وكذلك مدن القاهرة ولندن وطوكيو والمكسيك.

ولأن يقتصر التلوث الناتج من عوادم السيارات على احتوائه لكل الغازات الضارة السابق ذكرها فقط بل هناك ملوثاً آخر له آثار ضارة خطيرة على صحة الإنسان وهو الرصاص. ومن المعروف أن شركات تكرير البترول تضيف إلى الجازولين المستخدم وقوداً للسيارات مادة رابع إيثيل الرصاص وذلك لتحسين خواص الجازولين وبالتالي تحسين ظروف الاحتراق والأداء داخل محركات السيارات وإطالة عمرها. ولا تخفى الأضرار الصحية الناشئة عن استنشاق الهواء الملوث بعادم السيارات والمحتوى على مركبات الرصاص والتي منها إصابة الإنسان بالضعف العام والأنيميا والأضرار بالجهاز العصبي والإصابة بأمراض الكلى المزمنة بالإضافة إلى إصابة الأطفال الصغار بالتخلف العقلى حيث أنهم أكثر قابلية للإصابة بالأمراض التي تنشأ نتيجة التعرض لفترات طويلة للتلوث بمركبات الرصاص.

ونظراً لهذه المخاطر الشديدة لمركبات الرصاص فقد قامت الكثير من الدول بوضع القوانين والتشريعات اللازمة للحيلولة دون استعمال هذا النوع من الجازولين المحتوى على رابع إيثيل الرصاص حيث أضافت مواد أخرى ليست لها آثار سامة إلى الجازولين أو إضافة بعض المواد الهيدروكربونية ذات السلسلة المتفرعة حيث تساعد على تحسين الأداء داخل محركات السيارات وفى النهاية منع تلوث الهواء بمركبات الرصاص.

التلوث الناتج من البراكين والرياح

تعد البراكين من أهم العوامل الطبيعية لإحداث التلوث البيئى حيث تدفع إلى الهواء الكثير من الغازات الضارة بكافة الكائنات مثل أول وثانى أكسيد الكربون والهيدروجين وبخار الماء والميثان وثانى أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين وكلوريد الهيدروجين ويروميد الهيدروجين حيث تحملها الرياح وتنتشر فى كل مكان بالإضافة إلى كميات ضخمة من الرماد الذى يحتوى على الكثير من كلوريدات وكبريتات ونترات بعض المعادن مثل الزئبق والصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والحديد والألومنيوم.

ويصاحب ثورات البراكين انطلاق كميات هائلة من الحرارة وبالتالى ارتفاع درجة حرارة الجو فى المناطق القريبة من البراكين. والبراكين قد تحدث على سطح الأرض حيث تحدث تلوثاً فى الهواء فى المناطق المحيطة بالبركان، وأحياناً تحدث البراكين فى قاع البحار حيث تحدث تلوثاً لمياه هذه البحار نتيجة لذوبان الكثير من الغازات المنطلقة منها فى مياه البحار حيث تسبب الكثير من الأضرار لكافة الكائنات الحية التى تعيش فى هذه البحار.

أما الرياح فهى تلعب دوراً هاماً فى التلوث البيئى حيث تحمل كميات هائلة من الرمال الدقيقة والأتربة إلى مسافات بعيدة جداً لى تسقط على المدن مودية إلى الكثير من المشاكل الصحية للإنسان. ومن الأضرار الناتجة كذلك من هبوب الرياح ما يعرف بظاهرة التصحر، التى تكلمنا عنها فيما سبق، حيث ترحف الرمال تدريجياً لى تغطي سطح التربة الصالحة للزراعة وتحولها من أرض خصبة إلى صحراء قاحلة.

مشكلة الأوزون

الأوزون شكل نشط من أشكال الأوكسجين ولكنه أثقل من الأوكسجين العادى بمرة ونصف، ويحتوى الجزء الواحد منه على ثلاث ذرات أوكسجين وهو غاز سام قابل للإنفجار، وهو عامل مؤكسد قوى، ولونه أزرق باهت، ويتكون نتيجة للعواصف الرعدية

ويتكون حول المعدات والمحولات الكهربائية، وله استعمالات صناعية عديدة نذكر منها تبييض المركبات العضوية، إيالة الجراثيم، إزالة الرائحة الكريهة، ويستخدم فى تعقيم مياه الشرب.

وللأوزون توزيعات أفقية حسب دوائر العرض حيث تكون أقل قيمة له عند خط الاستواء وتزداد قيمته فى اتجاه القطبين. وللأوزون توزيعات رأسية حيث يوجد حوالى ٩١ ٪ منه فى طبقة الاستراتوسفير على ارتفاع يتراوح ما بين ١٢ : ٤٠ كيلومتراً، حوالى ٩ ٪ فى طبقة التروبوسفير على ارتفاع ٨ إلى ١٧ كيلومتراً.

ويوجد الأوزون فى الأماكن ذات التلوث الجوى حيث عمليات الاحتراق فى محطات الطاقة والسيارات والمصانع وزيادة عدد البشر ونشاطهم اليومي. وينتج الأوزون فى طبقة التروبوسفير من زيادة تركيز ثانى أكسيد النتروجين ودخول هذا الغاز فى عدة تفاعلات مع بعض المواد العضوية فى وجود الأوكسجين والضوء وينتج غاز الأوزون. ويعمل الأوزون فى طبقة التروبوسفير كملوث يسبب التسمم للإنسان عندما يتنفسه. وتركيز الأوزون فى الجو العادى يصل إلى ٠.٠٢ جزء فى المليون. ويتنبأ العلماء بأن يتضاعف مقدار الأوزون فى الطبقة السفلى والذى بلغ مقداره ٤٠ : ٦٠ جزء فى المليون أى ثلث أو نصف المقدار الأعظم المقبول المحدد بمقدار ١٢٠ جزء فى المليون.

والأوزون خارج المنازل أقل بحوالى ٧ ٪ عن داخل المنازل، ولذلك يجب تهوية المنازل جيداً. ويتلف الأوزون الصبغات المستخدمة فى تلوين المنسوجات. ويؤثر الأوزون على النباتات الخضراء، ويسبب ظهور البقع فى الأوراق، ودلت الدراسات العديدة على أن الأوزون يقضى على المحاصيل الزراعية بنسبة ٣٠ ٪، ومعنى هذا أن الخسارة التى تسببها زيادة الأوزون فى الطبقات السفلى للغلاف الجوى للمزارعين الأمريكيين تقدر بحوالى ٢,٥ : ٣ آلاف مليون دولار سنوياً. ويصل إلى سطح البحر كمية من الأوزون لتسهم مع عدد من الغازات وبخار الماء فى تكوين الضباب الأسود. ويسهم الأوزون مع الغازات الأخرى فى حجز الإشعاعات المنعكسة من الأرض ويؤدى ذلك إلى تسخين الأرض والجو المحيط بها.

أهمية طبقة الأوزون

يوجد الأوزون على شكل طبقة تغلف كوكب الأرض، وإذا ضغطت طبقة

الأوزون عند ضغط وحرارة الأرض فإن سمكها يبلغ حوالي ٣ ملليمتر تقريباً، وتعد هذه طبقة الدرع الواقية من الأشعة فوق البنفسجية، وأى تلف لهذه الطبقة يعرض لمخاطر كثيرة. ويعرض نقص طبقة الأوزون الإنسان لضعف المناعة للأمراض، ويحلل الطعام ذلك بأن الأشعة فوق البنفسجية تنقل إلى حد كبير قدرة الخلايا على محاربة البكتيريا المرضية. والأوزون هو مصدر تسخين طبقة الاستراتوسفير بفضل امتصاصه للأشعة فوق البنفسجية، أما نتيجة تآكل طبقة الأوزون قد يحدث أن الطبقة السفلى تسخن بمعدل أكبر من الفترة التي قبل تآكل تلك الطبقة نتيجة زيادة تسرب الأشعة فوق البنفسجية أى يحدث انقلاب حرارى نتيجة تآكل طبقة الأوزون مما يؤدي إلى تبديل مناطق الضغط في أعالي الجو بما يؤدي بالتالى إلى إعادة توزيع الأمطار فوق سطح الأرض.

ويؤدي تآكل طبقة الأوزون إلى تعريض النباتات إلى مزيد من الأشعة فوق البنفسجية التى تؤدي إلى تعجيز أطوال النباتات وانخفاض الإنتاج الزراعى نتيجة تأثيرها على مكونات الخلية مثل الأحماض الوراثية والمكونات الأخرى وقد تؤدي إلى تغيير تركيبها، ويوجد ما يقارب من ٢٠٠ نوع من المحاصيل لها حساسية عالية للأشعة فوق البنفسجية مثل البازلاء والفول والبطيخ، وتوجد محاصيل أقل حساسية لها مثل الطماطم والبطاطا وقصب السكر. كما يؤدي تآكل طبقة الأوزون إلى زيادة كمية الأشعة فوق البنفسجية التى تؤدي إلى الفتك بالبلاكتونات التى تمثل الغذاء الأساسى للأسماك والأحياء المائية وبذلك تنخفض الثروة السمكية، والتأثير الضار لهما قد يتجاوز عشرين متراً من عمق المياه.

ثقب الأوزون

أوضحت القياسات التى تمت بواسطة الأقمار الاصطناعية أن كمية الأوزون قد نقصت بنسبة ٥٠% فى عام ١٩٧٨ عما كانت عليه فى عام ١٩٧١، وبلغت نسبة النقص ٢٠,٥% فى الفترة الواقعة ما بين ١٩٧٩ - ١٩٨٥ فى المنطقة الواقعة بين دائرتي عرض ٥٣ شمالاً وجنوباً. ونتيجة لاستهلاك الأوزون تم اكتشاف ثقب الأوزون فوق القطب الجنوبي عام ١٩٨٥ حيث وصل النقص إلى ٥٠% من طبقة الأوزون فى شهر الربيع، كما يظهر الثقب فى شهرى أغسطس وسبتمبر من كل عام فوق القارة القطبية الجنوبية ثم يأخذ فى الاتساع فى شهر الخريف ثم ينكمش ويختفى فى شهر نوفمبر. ويحدث الثقب الأوزوني داخل الدوامة القطبية وهى كتلة كبيرة من الهواء المعزل نسبياً - فوق القارة

القطبية الجنوبية خلال شهور الشتاء والربيع. ومن الواضح أن الثقب يظهر موسمياً إلا أنه يزداد سوءاً في كل مرة يظهر فيها عن سابقتها. ونتيجة اتساعه فوق القطب الجنوبي فإنه يندثر بأخطار شديدة وعواقب وخيمة. وبعد ٤ سنوات من اكتشاف ثقب الأوزون فوق منطقة القطب الجنوبي لاحظ الباحثون انخفاضاً كبيراً في كثافة الأوزون فوق القطب الشمالي في فترة الربيع الشمالي. وعلى الرغم من أن النضوب الأوزوني فوق القطب الشمالي وصل إلى ٢ - ٨ ٪ بينما وصل النضوب فوق القطب الجنوبي إلى ٥٠ ٪ إلا أنه في المنطقة الأولى يعد أشد خطراً نظراً لكثرة أعداد السكان وإزدهار الحياة بالقرب من القطب الشمالي. وقد قدر العلماء في عام ١٩٩٢ أن طبقة الأوزون قد ازدادت تدمراً فوق القطب الشمالي بنسبة ١٠ - ١٥ ٪ وفوق القطب الجنوبي بنسبة أكثر من ٥٠ ٪ وأصبحت مساحة الثقب فوق القطب الجنوبي يعادل ٤ مرات قدر مساحة أمريكا الشمالية. وأخطر من ذلك أن العلماء كانوا قد أوضحوا عام ١٩٨٧ أن كمية الأوزون آخذة في التلف وأن هذا التلف شامل لطبقة الأوزون التي تلف كوكب الأرض، ولا يقتصر على القطبين، وتآكل طبقة الأوزون أخطر من ثقب الأوزون فوق القطبين، والنقص يتراوح بين ٣ ٪ فوق الدول الصناعية الكبرى مثل أمريكا وأوروبا والاتحاد السوفيتي السابق. ويصل النقص في الشتاء إلى ٤,٧ ٪، وقد أكد العلماء أن هناك تلف كبير في المنطقة الاسكندنافية (الدنمارك والنرويج وفنلندا) وفي بعض مناطق أوروبا خاصة أعلى جبال الألب.

أسباب تلف طبقة الأوزون

١ - الغازات المخربة، الكلوروفلوروكربونات

هي تلك المواد العضوية التي يدخل في تركيبها الكلور والفلور والكربون. ويبلغ حجم الصناعات من هذه الغازات من ١٣ - ٢٠ مليار دولار سنوياً، وتصل كمية الإنتاج العالمي من هذه الغازات سنوياً حوالي ١٤٠٠ مليون طن منها ٩٧٠ ألف طن من النوع المدمر للأوزون. وتأتي أمريكا على رأس الدول التي تستهلك الكلور وفلور وكربون حيث تنتج ٣٥٠ مليون طن سنوياً ثم يأتي الاتحاد السوفيتي (سابقاً) ١٨٠ مليون طن، ثم اليابان ١٠٠ مليون طن ثم إيطاليا ٧١ مليون طن وإنجلترا وفرنسا ٦٩ مليون طن ثم أسبانيا وكندا ٤٨ مليون طن والصين ٣٢ مليون طن. وتدل الإحصائيات على أن كميات الكلور وفلور وكربونات المتراكمة في الجو قد تضاعفت ثلاث مرات أضعاف الكمية المتراكمة من

١٩٧٠ - ١٩٨٠. وبجانب تلك الغازات يوجد مركبات الهليوم التي تسبب استنفاد الأوزون.

ويشكل استعمال هذه المركبات ميزة أمنية هائلة نتيجة عدم إشعالها، وإحدى المزايا الأساسية لها هي ثباتها الهائل فذراتها تصل بدون تغيير إلى الطبقات العليا من الجو في خلال ١٠ - ١٥ سنة. ويناقض تصاعد غازات الكلور وفلور وكربونات من سطح الأرض إلى طبقات الاستراتوسفير، وهي الطبقة التي يوجد فيها ٩٠٪ من الأوزون، ما هو معروف أن في نهاية طبقة التروبوسفير تنخفض درجة الحرارة وتصل إلى أقل قيمة لها، وهذا يعمل على احتباس الغازات الخفيفة بحيث لا تصعد إلى طبقات الجو العليا. ويعتقد أن مركبات الكلوروفلوروكربونات ترتفع إلى طبقة الاستراتوسفير عند دوائر العرض الاستوائية حيث تبلغها الدوامة القطبية - وحيث أن غاز الكلوروفلوروكربون يحتاج إلى ١٥ سنة لكي يصل إلى طبقة الاستراتوسفير، ويعنى هذا أن الأضرار التي سجلت في طبقة الأوزون حتى اليوم تجمعت عن تلك الغازات التي أطلقت في بداية ١٩٧٧ وهي لا تمثل سوى ٣٠ - ٣٥٪ من الكمية التي انتجت حتى الآن، وقد تصل عمر بعضها حتى ٥٢٠ سنة كما في الغازات المشعة والتي تستخدم في ثلاجات المتاجر الكبيرة. أما الآن فإن جو الأرض يحتوى على كمية من الكلوروفلوروكربونات تساوى ٥ مرات أكثر مما كانت عليه في عام ١٩٧٥. ومع الأخذ في الحسبان الفترة الزمنية التي تتطلبها تصاعد الغاز إلى طبقة الاستراتوسفير، ومع توقف ضخ الغازات اليوم فقد يلزم ذلك ستين طويلاً حتى تعود طبقة الأوزون إلى حالتها الطبيعية.

ومن الثابت أن ثقب الأوزون يحدث نتيجة التفاعل بين الأوزون والكلوروفلوروكربونات، ويحدث هذا التفاعل في فصل الربيع، ويمكن لجزء واحد منها أن يدمر ١٠٠ ألف جزء من الأوزون وما يتأكل من طبقة الأوزون في عام يعاد تكوينه بعد ١٠٠ عام، فحين تلف القارة القطبية الجنوبية رياح فاصلة تحول دون اختلاط هواء تلك القارة بهواء القارات الأخرى فتسبب درجة الحرارة إلى ٥٠ درجة مئوية تحت الصفر، وهذه البرودة الفائقة تهيئ الفرصة للتفاعل وعند ارتفاع الشمس خلال الربيع فإن هذا التفاعل يزداد والذي لا يلبث أن يتوقف حين تبدأ الحرارة بالارتفاع وتبدأ الرياح الفاصلة في الاختفاء. ومن هنا يتضح أن التفاعل يتركز في القطب الجنوبي أو الشمالي ويتوقف على وجود الرياح الفاصلة مع وجود تركيزات عالية من الكلوروفلوروكربونات

فى هذه الدومات العازلة، فرق قطبى الأرض. ومظاهرة تدمير الأوزون أكبر فى القطب الجنوبى عن القطب الشمالى وهذا يعود إلى كون الغيوم فى القطب الجنوبى أكبر حجماً ونقل معدلات الحرارة ما بين ١٥ - ٢٠ م عن تلك التى تسود فى القطب الشمالى. وعند تناقص كميات الأوزون فى الدومة القطبية خلال التربع فإن مقادير الكلور البسيطة مثل كلوريد الأيدروجين ونترات الكلور ترتفع ارتفاعاً حاداً.

ونظراً للتقدم العلمى والتكنولوجى المتسارع فى الآونة الأخيرة وما تبعها من استخدام الإنسان للكثير من الأجهزة الحديثة خلال حياته اليومية مثل الثلاجات والمكيفات كما كثر استخدام الأيروسول التى تحتوى على بعض المبيدات الحشرية وبعض المواد العطرية التى تحتوى جميعها على مركبات الكلوروفلوروكربون. وهذه المركبات عبارة عن مركبات هيدروكربونية تحتوى على ذرات من الفلور والكلور كما يوجد منها أنواع كثيرة تختلف فى تركيبها الكيميائى وفقاً لعدد ذرات الكربون أو الفلور أو الكلور، ومن خواصها أنها مركبات غازية فى درجات الحرارة العادية، كما أنها على قدر كبير من الثبات الكيميائى؛ لذلك فهى تبقى فى الهواء مدة طويلة، وتحملها تيارات الهواء الصاعدة إلى طبقات الجو العليا حتى تصل إلى طبقة الأوزون ويتأثر الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس لتحلل هذه المركبات منتجة بعض ذرات الكلور النشيطة التى تتفاعل مع الأوزون حيث تحوله إلى غاز الأوكسجين. وهكذا تتسبب مركبات الكلوروفلوروكربون فى تدمير طبقة الأوزون.

ونظراً للأخطار الناتجة من استعمال مركبات الكلوروفلوروكربون وما ينتج عنها من تلوث بيئى أن قامت معظم دول العالم بعقد المؤتمرات والندوات بهدف التقليل من إنتاج هذه المركبات والحد من استخدامها كما نشطت البحوث العلمية لإيجاد بدائل لمركبات الكلوروفلوروكربون بمواد أخرى لا تحتوى تركيبها على عناصر الفلور أو الكلور التى تسبب تحلل جزئيات الأوزون. ولا يقتصر تفكك طبقة الأوزون على التلوث بمركبات الكلوروفلوروكربون بل يشاركها هذا التفكك أكاسيد النتروجين والتى تتكون نتيجة احتراق الوقود المحتوى على كميات ضئيلة من المركبات النتروجينية وكذلك تساعد هذه الأكاسيد من بعض المصانع، إضافة إلى تكوين هذه الأكاسيد فى طبقات الجو العليا بواسطة التفاعلات الكيميائية الضوئية بين غازى الأوكسجين والنتروجين ونتيجة لتكون هذه الأكاسيد واتصالها بطبقة الأوزون يحدث تفاعل كيميائى بينها وبين جزئيات الأوزون التى تفكك إلى أكسوجين.

وعموماً فهناك الكثير من الهيئات العالمية والتي تعمل جاهدة لإيجاد الحلول المناسبة لهذه المشكلة العالمية وترأسها هيئة الأمم المتحدة حيث تعقد الكثير من المؤتمرات والندوات لمناقشة أسباب هذه الظاهرة ووضع الحلول الكفيلة للإقلال من أضرارها. ففي شهر سبتمبر عام ١٩٨٧م عقد مؤتمر علمي في مدينة موندريال بمقاطعة كويك بكندا وذلك لتنظيم استعمال مواد الكلوروفلوروكربون والتي تؤثر في طبقة الأوزون. كذلك وضع التشريعات اللازمة للحد من استعمال هذه المواد مع إيجاد المواد البديلة عنها كذلك عقد في شهر أغسطس عام ١٩٨٩م مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة في مدينة نيروبي بكينيا لبحث الأضرار الفادحة التي نشأت عن تدمير طبقة الأوزون، إضافة إلى ذلك فإنه يوجد عدة محاولات كثيرة أجريت لقياس نسبة الأوزون في عدة أماكن من العالم وخاصة في منطقتي القطب الشمالي والقطب الجنوبي.

كذلك فإننا نشير هنا إلى مؤتمر قمة الأرض والذي عقد المؤتمر الأول منها في مدينة ريودي جانيرو بالبرازيل في شهر يونية عام ١٩٩٢ لبحث جميع الأضرار الفادحة والمشاكل الناتجة عن انتشار التلوث البيئي بمختلف أنواعه والذي عم سطح كوكب الأرض والذي أضرب بكافة المخلوقات من إنسان وحيوان ونبات، الأمر الذي أصبح يهدد الحياة ذاتها والحد من استمراريتها. وعقد المؤتمر الثاني في شهر أغسطس عام ٢٠٠٢ في مدينة جوهانسبرج في جنوب أفريقيا تحت شعار تنمية مستدامة أكثر نشاطاً بهدف زيادة الإنتاجية الزراعية دون إحداث أضرار بيئية.

(٢) أكاسيد النتروجين

منها أول أكسيد النتروجين الذي يتحول إلى حامض النتريك، ومنها ثاني أكسيد النتروجين السام، كما ذكرنا، وهو يلوث الجو مما يجعل الرؤية صعبة بحسب تركيزه، ويتوقع الباحثون زيادة أكاسيد النتروجين من ١١ - ٣٠ مليون طن في البر والبحر المسموح بها لتركيز أكاسيد النتروجين من ٣ - ١٠ جزء في المليون، وقد بلغ تركيز تلك الأكاسيد في هواء القاهرة مثلاً ١٠ أمثال المسموح به في هواء الولايات المتحدة، ونتيجة زيادة تركيزها في الطبقات السفلى من الهواء يحدث اختلال ضوئي لثاني أكسيد النتروجين بواسطة الأشعة فوق البنفسجية إلى أكسيد النتروجين «أوكسجين ذرى».

وتتصاعد أكاسيد النتروجين التي تلتف الأوزون ويحدث الاختزال تحت الظروف اللاهوائية في الأراضي الغدقة، وقد تحدث في التربة الجيدة التهوية في المسام الضيقة

عند وجود نسبة عالية من المادة العضوية التي تستهلك الأوكسجين في أكسبتها، وانطلاق أكاسيد النيتروجين من هذا المصدر تفوق المصادر الأخرى خصوصاً بعد الزيادة الرهيبة في استخدام الأسمدة النيتروجينية، وتصل كميات تلك الأكاسيد المنطلقة من هذا المصدر إلى خمسة عشر أمثال الكميات الناتجة من محطات الطاقة والسيارات، وتلعب ميكروبات التربة دوراً كبيراً ورئيسياً في انطلاقها، وبذلك تلعب هذه الميكروبات دوراً حرجاً في دورة الأوزون في طبقات الجو وتدمير تلك الغازات غاز الأوزون.

٢- التجارب النووية والانفجارات البركانية

تكلف التجارب النووية الأوزون بنسبة كبيرة تصل إلى ٢٠ - ٧٠٪، وخاصة التفجيرات الهوائية. وقد أكد العلماء أن الانفجارات البركانية مسؤولة بدرجة ما عن تآكل طبقة الأوزون حيث تقذف حوالي ١١ طن من كلوريد الأيدروجين و٦ مليون طن من كبريتيد الهيدروجين للغلاف الجوي سنوياً مما يؤدي إلى تفاعل الكلور وحمض الكبريتيك مع الأوزون وذلك يفسر أسباب الانحسار الحاد الذي حدث لغاز الأوزون بطبقة الاستراتوسفير عقب اندلاع بركان الشيكون بالمكسيك عام ١٩٨٢م والذي لم يكن له تفسير مقنع من قبل، إلا أن ثورة البراكين يمكن اعتبارها أحد الأسباب الجزئية المدمرة لطبقة الأوزون نظراً لأن النشاط البركاني معروف منذ ملايين السنين دون تأثير ملموس على طبقة الأوزون.

ومن الحلول العملية لعلاج تآكل طبقة الأوزون العمل على تدوير الكلوروفلوروكربونات وإعادة وحدات التبريد ومكيفات الهواء القديمة إلى المصانع حيث يعاد استخدام الغازات الموجودة فيها بدلاً من إطلاقها في الهواء، وإعادة التدوير تساعد في حل المشكلة جزئياً، ويبقى الحل الجذري للحفاظ على طبقة الأوزون تتمثل في حظر إنتاج الكربونات الكلوروفلورية خطراً شاملاً، إلا أن الخطر سيترك أثراً مزعجاً على اقتصاديات العالم حيث يفوق حجم تعامل الكلوروفلوروكربونات ٢٢ مليار دولار إلا أنه يجب عدم التأخير في حظر استعمالها. إلا أن من شأن كل سنة من التأخير عن حظر استعمال الكلوروفلوروكربونات يتسبب في تأخير ٣ سنوات من الوقت الذي يحتاجه راب الصدد وعودة طبقة الأوزون لحالتها السوية.

وتجدر الإشارة إلى أن الولايات المتحدة وكندا والسويد والنرويج والدنمارك حذرت من سنوات إنتاج مادة الإيروسول والكلوروفلوروكربون وذلك بدافع حماية البيئة علماً بأن هذه الحماية لا سبيل إليها ما لم تنتشر إجراءات الحظر على كل دول العالم جميعاً، لأن

المشكلة الكبرى أن طبقة الأوزون ككل حدث لها نقص على المستوى العالمى بدرجات مختلفة فى أماكن مختلفة .

ويعترض بعض العلماء على أن هناك ثقب بالأوزون يهدد البشرية، وأعلنت الإدارة الوطنية للشئون الجوية الأمريكية أن الثقب الخطير للأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية قد التأم، وأعلنت الإدارة فى عام ١٩٨٩ أن الإنلثام سيطول مدة سنة كاملة .

الأمطار الحمضية

نتج عن الاستخدام المتزايد لجميع أنواع الوقود مثل الفحم ومشتقات البترول المختلفة وبسبب ما يحتويه هذا الوقود من مركبات كبريتية أو نيتروجينية كذلك وجود محطات القوى الكهربائية والكثير من المصانع فى كافة بلدان العالم إلى انبعاث كميات هائلة من الغازات الحامضية مثل ثانى أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين وأكاسيد النيتروجين حيث يتصاعد إلى طبقات الجو العليا وهناك ويفعل الأشعة فوق البنفسجية يحدث تفاعل بين غاز ثانى أكسيد الكبريت وأوكسجين الهواء الجوى حيث ينتج غاز ثالث أكسيد الكبريت والذي بدوره يتحد مع بخار الماء الموجود فى الجو منتجاً حامض الكبريتيك حيث يبقى هذا الحامض فى صورة رذاذ دقيق معلقاً فى الجو وتنقله التيارات الهوائية من مكان إلى آخر وعندما يكون الجو صافياً فإن هذا الرذاذ الدقيق من الحامض يبقى معلقاً فى الجو فى صورة ضباب، وعندما يصبح الجو ممطراً والبرودة شديدة فإن رذاذ الحامض يذوب فى ماء المطر ويختلط مع الجليد ويسقطان على سطح الأرض على هيئة ما يعرف بإسم الأمطار الحامضية .

ولا يقتصر تكوين الأمطار الحامضية على أكاسيد الكبريت وحدها بل يشترك معها فى تكوين هذه الأمطار أكاسيد النيتروجين والتي تنتج كذلك نتيجة احتراق الوقود المحتوى على كميات ضئيلة من المركبات النيتروجينية سواء عند استخدامه فى محركات السيارات أو فى الآلات داخل المصانع وأيضاً فى بعض الصناعات مثل صناعة تكرير البترول . كذلك تتكون هذه الأكاسيد فى طبقات الجو العليا بواسطة التفاعلات الكيميائية الضوئية بين غازى الأوكسجين والنيتروجين، كما ذكرنا، وهذه الأكاسيد بدورها تتحول فى وجود الأوكسجين ويفعل الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس وأيضاً بخار الماء إلى حامض النتريك والذي يبقى فى الجو معلقاً على هيئة رذاذ حيث يتساقط مع مياه الأمطار والجليد على سطح الأرض مكوناً أيضاً الأمطار الحامضية .

وللأمطار الحامضية الكثير من الآثار الضارة والتي تتمثل في زيادة الحموضة للمجاري المائية مثل الأنهار والبحيرات حيث تقضى الحموضة الزائدة على الكثير من الكائنات المائية. كما تسبب هذه الأمطار في تلوث التربة انزراعية والأضرار بالمحاصيل والغابات وما تحترق من أشجار وحيوانات، كذلك أدت هذه الأمطار الحامضية إلى تفتت الصخور وتآكل أحجار المباني والمنشآت داخل المدن.

وهناك العديد من الدول وخاصة الصناعية منها والتي تعاني من آثار هذه الأمطار الحامضية وما تسببه من تلوث في هوائها ومياهها وتربتها مثل دول أوروبا الغربية كألمانيا وبريطانيا وفرنسا، وكذلك الدول الاسكندنافية في أقصى الشمال الأوروبي مثل السويد والنرويج، وفي بلاد أمريكا الشمالية مثل كندا والولايات المتحدة الأمريكية. لذلك فإنه توجد محاولات جادة في كثير من الدول الصناعية حيث تعقد المؤتمرات ونظام الندوات وتقدم الكثير من الأبحاث والحلول الكفيلة للحد من كميات هذه الغازات الحامضية وبالتالي التقليل من خطورة الأمطار الحامضية وما تسببه للإنسان من مضار وأخطار.

وتبدل الدراسات الحديثة على أن الأمطار الحمضية قد قصت على ٣٤٪ من الأشجار في ألمانيا الاتحادية في عام ١٩٨٢ وزادت الأضرار في عام ١٩٨٥ بنسبة تصل إلى ٥٠٪، وحدثت أضرار في الغابة السوداء بنسبة تصل إلى ٧٥٪. وحدث مثل ذلك في فرنسا فقد بلغت نسبة الأشجار التي أتلفتها الأمطار الحامضية ٥٠ - ٦٠٪، وبلغت نسبة الأشجار التي قصت عليها الأمطار الحامضية نحو ٤٠٪ في أوروبا الشرقية، وفي تشيكوسلوفاكيا فقط قصت الأمطار الحمضية على ما لا يقل عن ١٢٥ ألف فدان من غابات أجيال أور وأنها تهدد بالقضاء على ١٥٠ ألف فدان أخرى من تلك الغابات في المستقبل، وأن الأضرار التي لحقت بهذه المساحة أصبحت لا يجدي معها أعمال الإنقاذ وأن مصدر هذا الخراب هو الغازات التي تتصاعد من محطات توليد الكهرباء القائمة في شمال البلاد، ويأتي غاز ثاني أوكسيد الكبريت في طليعة تلك الغازات التي تطلقها المحطات المذكورة والتي دمرت غابات الصنوبر في تلك المناطق المذكورة في مطلع السبعينات وقد قصت الأمطار الحمضية على أوراق تلك الأشجار وجردتها منها.

والأمطار الحمضية وتأثيرها ليس وقفاً على غابات أوروبا، فالولايات المتحدة

الأمريكية هي الأخرى تعاني من هذه الأمطار ففي ولاية جورجيا وسائر ولايات الساحل الغربي (حيث واشنطن ونيويورك وغيرها) حتى الحدود الكندية. أما الساحل الشرقي فقد بلغ ثلث المطر الحمضي أقصاه في بعض المناطق في كاليفورنيا، وتقدر الأضرار التي يحدثها التلوث بالمطر الحمضي بحوالى ٣٠٠٠ : ٤٠٠٠ مليون دولار سنوياً، أما كندا فقد قضى المطر الحمضي القادم إليها من الولايات المتحدة الأمريكية على مايقرب من ١.٦ مليون كيلومتراً مربعاً من غاباتها.

ظاهرة النينو El-Nino

تعددت التعريفات الخاصة بظاهرة النينو التي تعد ظاهرة قديمة قدم الأرض ببابسها ومائها وحركات هوائها، ومن هذه التعريفات أن ظاهرة النينو هي عبارة عن تيارات مائى دافئ يمثل فرعاً من التيار الاستوائى العكسى فى المحيط الهادى، الذى يتحرك بعكس حركة التيارين الاستوائيين الشمالى والجنوبى وفيما بينهما، بما يوحي أن هذه الظاهرة تقتصر على المحيط الهادى. أما التعريف الأكثر تحديداً لظاهرة النينو فهو الذى يتوافق ويتناسب مع الحقائق العلمية المستمدة من التغيرات فى حركة الجو وحركة التيارات فى المحيطات المقترنة بحركة الشمس الظاهرية السنوية شمال خط الاستواء (الصيف الشمالى) وجنوبه (الصيف الجنوبى)، حيث تتعطل مع ذلك مواقع التيارات المحيطية، ويشكل أكثر وضوحاً تلك المرتبطة بخط الاستواء الحرارى الذى يكون إلى الشمال من خط الاستواء الفلكى فى الصيف الشمالى بنحو عشر درجات وإلى الجنوب منه فى الصيف الجنوبى بنحو ثلاث درجات.

فحركة التيار الاستوائى العكسى الذى يكون اتجاهه شرقياً باتجاه السواحل الغربية لقارة أمريكا الجنوبية فى نطاقها الاستوائى، يكون فى موقع إلى الجنوب من خط الاستواء الفلكى فى كل سنة، مصحوباً بارتفاع حرارى بفعل اندفاع المياه الحارة على طول تلك السواحل الأمريكية الجنوبية فى الإكوادور وبيرو وشمالى شيلي، بارزاً ذلك بشكل لافت لنظر السكان المحليين مع بداية السنة الميلادية وأعياد الميلاد ليطلق عليه السكان المحليون تسمية «النينو El-Nino»، بمعناها الحرفى باللغة الإسبانية وهو الطفل الصغير (النونو). وتمثل هذه الظاهرة عموماً حدثاً عادياً، متكرراً سنوياً، مرتبط كما ذكرنا سابقاً بحركة الانتقال للأنظمة الجوية والمحيطية المصاحبة مع حركة الشمس الظاهرية، لتعمم

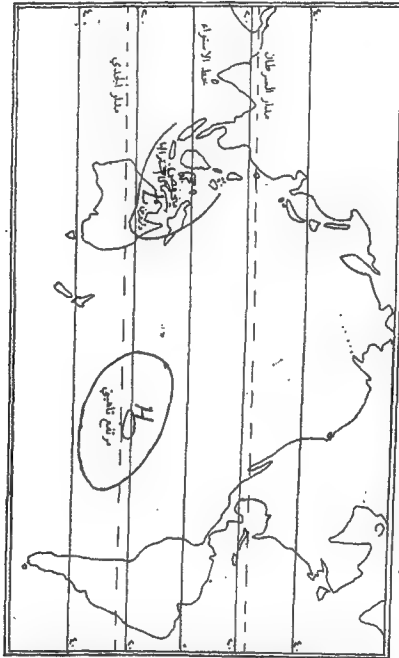
تلك الظاهرة على الشذوذ الحرارى الذى ينتاب مياه النيار الدافئ أصلاً وذلك فى بعض السنين .

وفى الوقت الحاضر، فإن ظاهرة النينو تشير إلى عواض حارة رئيسة تنتاب التيار الإستوائى العكسى لفترة من الزمن الذى يتعرض سطح مياهه إلى ارتفاع كبير وشاذ فى درجة حرارته على غير المألوف فى بقية السنوات الاعتيادية فى درجة حرارة مياهها، وفى أحداث الطقس المصاحبة لها. ولا ينحصر الارتفاع الحرارى لمياه سطح المحيط على السواحل الأمريكية الاستوائية، وإنما يشمل امتداداً كبيراً عبر المحيط الهادى الاستوائى يصل غرباً حتى خط طول ١٨٠ فأكثر، أى بما يزيد على أكثر من ربع محيط الأرض (من خط طول ٨٠ غرباً إلى ما بعد خط طول ١٨٠ غرباً - شرقاً) .

وهكذا نجد أن ظاهرة النينو بعد أن كانت عامة ومتكررة سنوياً بصورة دورية مع بداية كل سنة ميلادية، محددة بتقدم المياه الحارة جنوباً على طول سواحل الإكوادور وبيرو وشمالى شيلي على حساب تراجع نسبى للمياه الباردة، أصبحت الآن أكثر خصوصية وأقل انتظاماً ودورية فى حدوثها وترددها، فهى تخص حركة مائية محيطية على طول خط الاستواء من الهادى الغربى حتى الهادى الشرقى حيث الساحل الأمريكى الجنوبى ليشير مسافة على طوله جنوباً، مع ارتفاع حرارة سطح مائه أكثر من درجتين فوق مغنلها المعروف، ولذا فإنها ظاهرة تكاد تشمل المحيط الهادى الاستوائى من غربه حتى أقصى شرقه، دون وجود دورة محددة بدقة لمواقيت حدوثها، وإن كانت بدايتها فى أكثر حالاتها شدة تكون منذ منتصف الصيف إلى بداية الصيف التالى مع تعاضم قوتها فى شهرى ديسمبر ويناير.

وإذا كانت ظاهرة النينو؛ بكل بساطة ظاهرة إقليمية منعزلة المنشأ، عالمية التأثير، فهى محدودة النشأة فى المحيط الهادى الشرقى، وإن كانت ممتدة حتى أواسطه فى النطاق الاستوائى، كما أن العوامل المباشرة المؤدية إلى حدوثها تتجلى واضحة فى هذا المحيط، وبخاصة فى جزئه الجنوبى المدارى بين دائرتى عرض ١٠ - ٢٠ جنوب خط الاستواء. حيث لوحظ أن فترات حدوث التسخين الرئيسية فى المحيط الهادى الاستوائى تتوافق مع فترات الاختلاف فى قيم الضغط الجوى السطحي بين موقعين، أحدهما : عند جزيرة تاهيتى جنوب شرق الهادى (خط طول ١٥٠ غرب

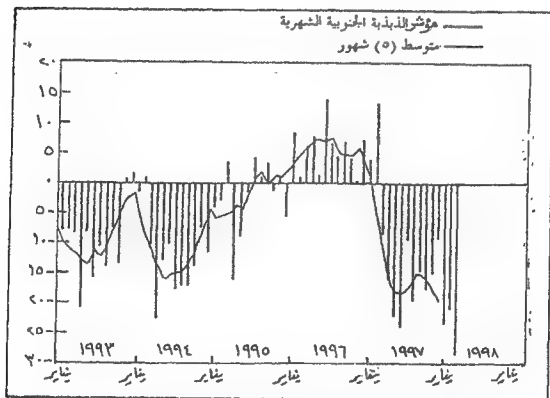
جرينتش) والآخر عند مدينة داروين في شمال استراليا (خط طول ١٣٠ شرق جرينتش)،
بمسافة فاصلة بينهما نحو ٦٥٠٠ كيلومتر. والضغط الجوي بين الموقعين السابقين
ليس ثابتاً، وإنما في حالة تغير وتذبذب، وتعرف تغيراته باسم الذبذبة الجنوبية



(شكل رقم ٢-٩) الوضع العادي للضغط في المحيط الهادي كقياس للذبذبة الجنوبية

South Oscillation (SO)، ولقد عدت تلك الذبذبة دليلاً على التغيرات في حركة وخصائص المياه السطحية في المحيط الهادئ الاستراتيجي، وربط التينو بها ربطاً مباشراً، حيث تبين أن ظاهرة التينو تبرز بشكل واضح عند يصبح الفارق الضغطي (الذبذبة الجنوبية) بين تاهيتي وداروين سلبياً قوياً (شكل رقم : ٩-٥)، وهذا دليل على أن التينو في درجة حرارة سطح الماء يرتبط بالتغيرات الكبيرة في اضطرابات الضغط الجوي.

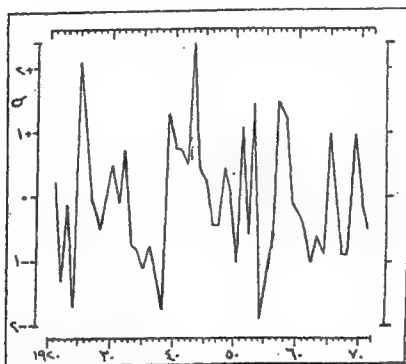
وهكذا فإن مؤشر الذبذبة الجنوبية في الضغط بين الموقعين السابقين الذي هو دليل على مقدار التغير في الضغط ووجهته سلبية أم إيجابية (شكل : ٩-٥)، يشكل مؤشراً يستدل به على حدوث ظاهرة التينو، أو تلاشيها وعودة الأمور إلى طبيعتها أو برودة مائية محدودة فيما اصطلح عليه اسم النينا El - Nina.



(شكل رقم : ٩-٥) مؤشر الذبذبة الجنوبية خلال هنري نينو قويتين. والمؤشر مقياس لشدة التينو يقوم على أساس فرق الضغط بين تاهيتي وداروين في استراليا

وبما أن التينو يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالذبذبة الجنوبية، بحيث لا يمكن فصل بعضهما عن بعض، فقد بات الحديث في الوقت الحالي عن ظاهرة الإينسو (ENSO) التي هي مصطلح مركب من مصطلحي التينو (El-Nino) والذبذبة الجنوبية (SO). ولم تربط

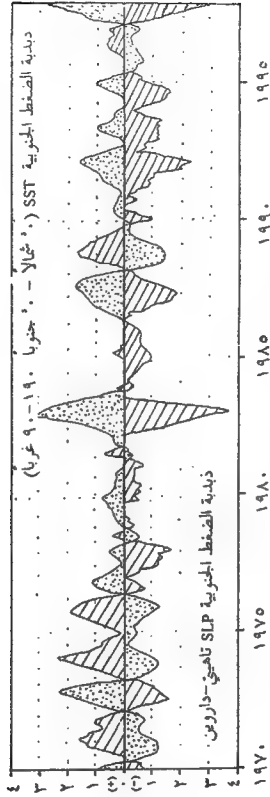
الذبذبة الجنوبية فقط مع النينو على طول ساحل أمريكا الجنوبية على المحيط الهادى، ولكنها ربطت مع مجموعة التذبذبات المحيطية - الجوية التى عدت جزءاً جوهرياً مع تذبذبات المناخ الأرضى من سنة إلى أخرى. وهكذا، يمكن القول: إن الحديث عن الإينسو يعنى الحديث عن النينو، والعكس صحيح.



(شكل رقم ٦-٩) الانعراف في درجة حرارة المياه المحيطية على طول سواحل الإكوادور وبيرو

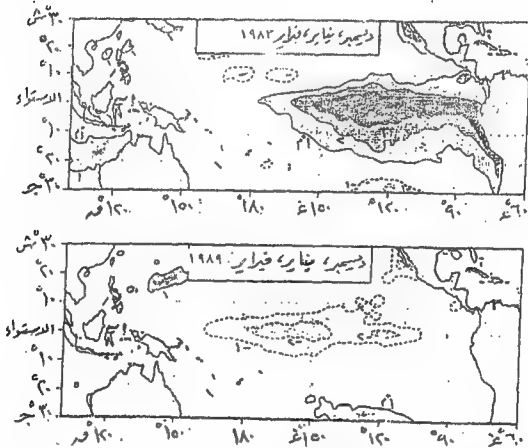
وتجدر الإشارة إلى أن مصطلح النينو يستعمل حديثاً ليشمل كافة المظاهر بمقياسها الكبير التى تكتنف: جاذئة التسخين، التى تتعرض لها مناطق الصعود المائى البارد على طول سواحل الإكوادور وبيرو حتى شمال شيلي، التى تصاحب تدفق جنوبى (باتجاه الجنوب) شاذ لتيار النينو الحار يبلغ امتداداً وتأثيراً كبيراً فى بعض السنوات، كما هو موضح فى الشكل رقم: (٦-٩) للفترة من عام ١٩٢٠ إلى عام ١٩٧٠

ويتضح من الشكل، أنه كلما كان مؤشر الذبذبة الجنوبية أكثر سلبية وبالتالى أشد قوة، كانت ظاهرة النينو أكثر ظهوراً، من حيث سعة امتدادها ودرجة حرارة سطح الماء المرافقة لها. وهذا ما يوضحه الشكل رقم (٧-٩) أيضاً للفترة بين عام ١٩٧٠ وعام ١٩٩٧، حيث يظهر فيه الارتباط الملحوظ بين ذبذبة الضغط الجنوبية السلبية والنينو، ومقدار الارتفاع فى درجة حرارة سطح الماء.



(شكل رقم ٧-٩) الإقتران ما بين دببة الضغط الجنوبية السطحية والنيو

ويمكن أن نعد ظاهرة النينا El - Nina (كلمة إسبانية معناها الحرفى الطفلة الصغيرة) معاكسة للنينو، على أساس أن النينا تمثل شذوذاً سلبياً فى درجة حرارة سطح المحيط بالنسبة للأحوال العادية المألوفة. غير أن هذا الشذوذ ليس كبيراً وغير ملحوظ بشكل واضح، ذلك أن انخفاض الحرارة يتراوح بين ١ - ٢°م عن المعدل العام، مع تركيز هذا الانخفاض فى الجزئين الشرقى والأوسط للهادى المدارى. وإذا كان ينظر إلى النينو والنينا على أنهما فترتان متعاكستان من دورة الإينسو ومكملتان لها. فإن ظاهرة النينو تمثل الفترة الحارة من دورة الذبذبة الجنوبية الإينسوية، بينما تمثل النينا الفترة الباردة من دورة الإينسو. غير أن البعض يقسم دورة الإينسو إلى ثلاث فترات : فترة حارة وهى النينو، وفترة باردة تعقبها وهى النينا، ثم عودة إلى الأحوال الطبيعية.



(شكل رقم ٨-٩) مقارنة بين درجة حرارة سطح المحيط الهادى الاستوائى في فترة نينو

(ديسمبر ويناير وفبراير عام ١٩٨٣) وفترة شبه نينا (ديسمبر ويناير وفبراير عام ١٩٨٩)

ولكن إذا كانت ظاهرة النينو تحدث بصورة دورية تقريباً، فإن هناك عوامل خارجية لا تؤدي في بعض دورات الإينسو إلى حدوث برودة في سطح المحيط (النينيا)، وهذا ما حدث خلال الفترة من ١٩٨٣ - ١٩٨٨ (شكل رقم ٨ - ٩). وكانت ظاهرة النينو قبل الثمانينات ترتبط بسنين حرارتها أعلى من المعدل (ولاسيما قرب خط الاستواء)، بينما ارتبطت ظاهرة النينيا بالسنين الباردة. وكانت آخر ظاهرة النينيا قبل عام ١٩٨٨ ما حدث في عام ١٩٧٥. لكن في نهاية ١٩٨٨ وفي أعقاب سنتين شديدي الحرارة (١٩٨٦، ١٩٨٧) - حيث ارتفعت الحرارة في شتاء (١٩٨٦ - ١٩٨٧) في كندا نحو تسع درجات مئوية فوق المعدل، وبلغ الشذوذ في (٨٧ - ١٩٨٨) نصف هذا الشذوذ. وعلى مستوى العالم كان عام (١٩٨٧ و ١٩٨٨) أدفاً ما سجل منذ سنين عدة سابقة - بزغ أخيراً نمط لظاهرة النينيا مميز في توزيع حرارة سطح المحيط الهادئ. وهذه الفترة من انقطاع النينيا لم تكن هناك فترة انقطاع توازيها بين وقائع النينيا منذ بدأ التسجيل في الربيع الأخير من القرن التاسع عشر.

ولقد باتت مؤكداً أن ظاهرة النينو هي نتاج تفاعل بين الجو والمحيط الذي يشكل ضمنه، كما يرى بعض الباحثين أن ظاهرة النينو السائدة عند السواحل الغربية الأمريكية وأقصى شرق الهادئ الجنوبي المجاور لها، بما يصاحبها من شذوذ حراري إيجابي في المياه البترية يترافق مع الانحرافات ذات الإشارة نفسها بعيداً عن كاليفورنيا، مما يدفعنا إلى القول: إن التيارات الاستوائية بما ينبثق عنها من تيارات مائية فرعية، خاصة تلك التي تشكل دورة حركية مائية في العروض الدنيا لا يمكن فصلها عن الحركات الجوية في المنطقة.

وقد أصبح معروفاً أن ظاهرة النينو ببعدها المائي الحركي ودرجة حرارة الماء الشاذة إيجابياً هي محدودة بساحل أمريكا الجنوبية الاستوائي والمداري، فيما بين دائرتي عرض ٥ شمال خط الاستواء و ١٥ جنوبي خط الاستواء، مع تقلص في بعض الدورات عن هذا المدى، وتوسع في دورات أخرى. ولهذا ارتبطت ظاهرة النينو بسواحل الإكوادور وبيرو وشمال شيلي حيث تصل مياهها الحارة حتى الأجزاء الشمالية من ساحل شيلي قرب دائرة عرض ٢٠ جنوباً.

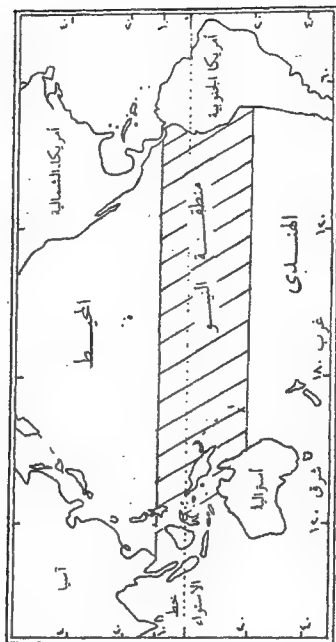
وفي هذا الصدد يمكن القول، أن تيار النينو لا يقتصر على السواحل السابقة الذكر، بل يعتمد بعمق في المحيط الهادئ الاستوائي ليشمل الحوض الهادئ الأوسط، وذلك حتى خط

طول ١٨٠ غرباً ومتجاوزاً إياه في بعض الدورات، بمدى عرضي أقل مما هو عليه عند ساحل الهادي الشرقي (شكل رقم : ٩-٩).

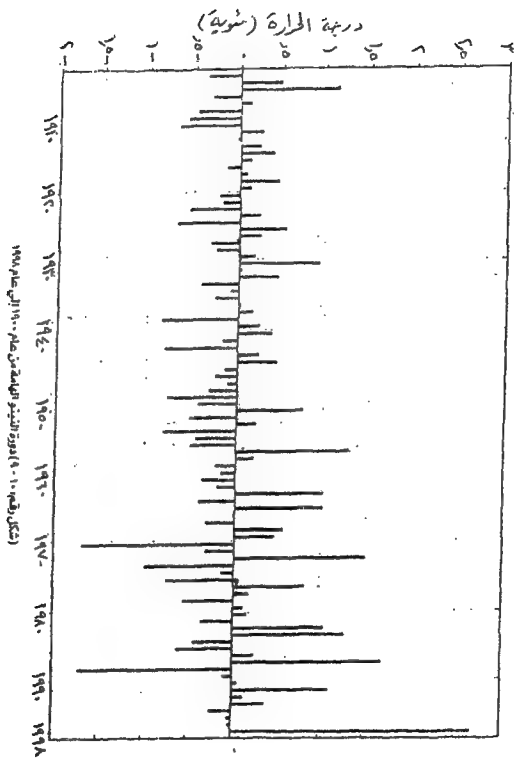
وقد ركزت البحوث على المحيط الهادي كمجال مناسب لحدوث ظاهرة النينو، بفعل اتساعه، لامتداده في الحزام الاستوائي على أكثر من ٧٠ درجة طولية، ومن ثم فإن قوة الرياح التجارية يكون لها تأثيراً عظيماً في هذه المنطقة، واستجابة المياه في المحيط الهادي لفعلها كبيرة، فإن هناك ما يناظر ذلك في الأطلسي المداري. حيث وجد أن التصعيد المائي الفصلي في خليج غينيا لا يمكن تفسيره بضغط الرياح المحلية. كما أشارت العديد من الدراسات إلى أن قوة الرياح الشرقية فوق الأطلسي الاستوائي الغربي يمكنها أن تسبب اختلافات في درجة حرارة سطح الماء عند الطرف الشرقي من المحيط. وتؤثر درجة حرارة سطح المحيط بدورها على كمية الرطوبة والاستقرار، وما يرتبط بذلك من شذوذ مطري... وغيره. ومما يقف عائناً أمام إمكانية ظهور النينو بشكل معتد به هنا؛ قلة اتساع المحيط الأطلسي في "حزام الاستوائي الذي لايزيد على ثلث اتساع المحيط الهادي، مما لا يتيح الإمكانية لتشكل ظاهرة النينو فيه.

وتتبع ظاهرة النينو في حدوثها دورة متكررة غير منتظمة المدة، تتراوح مدتها بين ٢ - ٥ سنوات، بمتوسط لها نحو ٤ سنوات. ولقد قام بعض العلماء بتاريخ أحداث النينو الهامة منذ عام ١٨٩١ أما البعض الآخر فيعود بالزمن أكثر إلى الوراء، وذلك إلى سنة ١٨٨٢ (حادثة نينو) وسنة ١٨٧٨ (حادثة نينو سابقة). ولقد بلغ تكرار ظاهرة النينو من الربع الثاني للقرن الثامن عشر وحتى نهاية القرن العشرين ٨٣ مرة أو حدثاً، وأن العديد من تلك الأحداث تمتد لتغطي النصف الثاني من سنة ميلادية والنصف الأول من سنة تالية لها، ولتتمد بعض الأحداث الكبرى إلى أكثر من ١٢ شهراً، بحيث تمتد على أواخر سنة، وسنة تالية، وأوائل سنة لاحقة؛ كما في حادثة نينو ١٨٤٥ و ١٨٨٨ و ١٩٤٠. وقد لوحظ أيضاً، أن هناك تبايناً واضحاً في الفواصل الزمنية بين كل حادثة وأخرى، (± ١ سنة)، مما يجعل أحداث النينو لا تتكرر وفق دورية محددة المدة، كدورة البقع الشمسية مثلاً، وهذا يجعل التنبؤ بظاهرة النينو لا يتم إلا قبل حدوثها بفدرة عندما تبدأ طلائع التغيرات الجوية والمحيطية الدالة عليها بالظهور، قياساً بالأحداث الماضية (شكل رقم : ٩-١٠).

ومن الثابت أن معظم أحداث النينو تستمر ما لا يقل عن عشرة شهور، موزعة على



(شكل رقم ٩-١) منطقة تردد التور

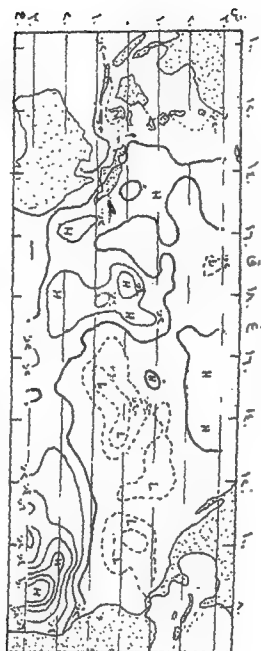


سنتين، بحيث تكون على أشدها عموماً عند بداية السنة الميلادية، وهذا ما يتضح من أحداث النينو في القرن العشرين المتداخلة في سنتين، والشديدة منها ربما نجدها متداخلة في ثلاث سنوات، مستمرة من آخر سنة إلى السنة التالية، وأوائل السنة اللاحقة لها (١٩٣٩، ١٩٤٠، ١٩٤١). ورغم أن توقيت النينو مختلف من دورة إلى أخرى، ومختلف مع ذلك في سعتة وامتداده، ومن ثم في قوته واستمراريته، إلا أن أقصى قوة له تكون في فترة الشمس الجنوبية (بداية السنة الميلادية)، ومع ذلك فإن الشذوذ الحراري الذي تتصف به ظاهرة النينويكاد يتم وفق دورة سنوية، تشتمل على عدة فصول، كل فصل يشتمل على ثلاثة شهور، بحيث تكون إرهاباته الأولى مع بداية شهر أغسطس، وفصوله هي كما يلي: خلال شهور أغسطس وسبتمبر وأكتوبر لم تتضح معالم ظاهرة النينو وليس هناك من آثار تدل عليه، وإنما يتم معرفة مقدماته الأولية من خلال التغيرات التي تعترض الذبذبة الجنوبية. وتعد شهور نوفمبر وديسمبر ويناير، الفترة السابقة لقمة النينو. (والشكلان: ٩ - ١٢، ٩ - ١١) يوضحان هذه المرحلة والمرحلة السابقة لها.

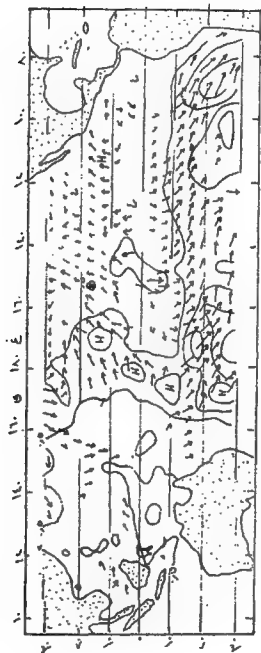
وفي خلال مرحلة قمة النينو في شهور مارس وأبريل ومايو، فإن الشذوذ الحراري يكون إيجابياً فوق معظم المحيط الهادي المداري الشرقي مع امتداده الأكبر بعيداً عن ساحل بيرو وفي حزمة ممتدة من هناك إلى المنطقة الاستوائية في المحيط الهادي الغربي. ويبدو وجود حرارة عظمى في المحيط الهادي الاستوائي الأوسط، ولكنها أضعف من القُنبم الشرقي، مع فاصل بينهما زيرد نسبياً. وفي هذه الفترة تضعف الرياح التجارية بشكل كبير فوق المحيط الهادي الاستوائي الأوسط، شكل (٩ - ١٣، ٩ - ١٤).

وخلال الفترة التالية لقمة النينو (شهور أغسطس وسبتمبر وأكتوبر)، فإن الشذوذ الحراري الإيجابي لسطح المياه كان قد ساد في الهادي الاستوائي كله من أمريكا إلى غرب خط التاريخ، ولكنه كان أضعف من الفترة السابقة (شكل: ٩ - ١٥). مع حدوث انتقال للمياه الحارة بعيداً عن ساحل بيرو، لينتشر الماء الحار في المحيط المفتوح ضمن حزمة إلى الجنوب أو قرب الهادي الاستوائي الشرقي، منفصلاً عنه حرارة عظمى في المحيط الهادي الاستوائي الأوسط. وتتميز الرياح التجارية في هذه المرحلة بضعف ملحوظ في الهادي الاستوائي الأوسط والغربي (شكل: ٩ - ١٦).

وعلى الرغم من الخصائص العامة المشتركة بين أحداث النينو كافة، إلا أن لكل حادثة نينو خصوصيتها المميزة لها؛ من حيث قوتها ومجال سيادتها وفترة استمراريتها. ذلك أن اختلاف استجابة المياه العلوية تعتمد على التوزيع الطولي لقوة ضغط الرياح

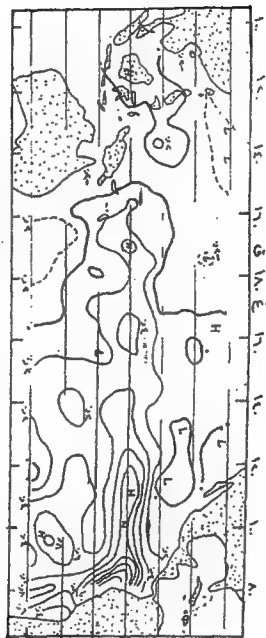


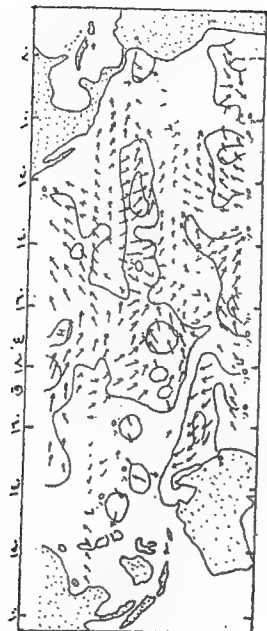
(شكل رقم ١١-٩) الحدود البحرية لمنطقة المحيط خلال الفترة من نوفمبر إلى يناير السابقة للربيع



(شكل رقم ١٢ - حركة الرياح خلال الفترة من نوفمبر الى يناير)

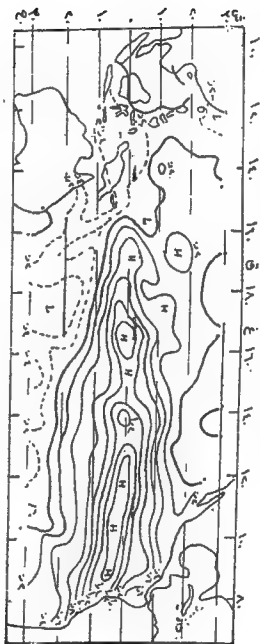
(شكل رقم ١٢ - ٩: التذبذبات الحرارية خلال فترة قمة الصيف - مايو)

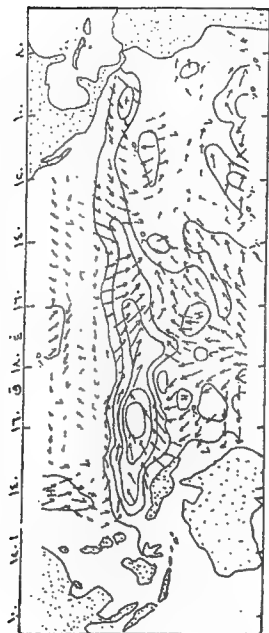




شكل رقم ٩٠١٤: حركة الرياح خلال الشتوة (مارس - مايو)

(متر رقم 10-9) السدود الصخرية لمسطح المحيط خلال الفترة من الضغط إلى الكور) التالية لقمة النينو





شكل رقم ١٦-٩) حركه الرياح خلال الفترة من (الغسل الى أكتوبر) التالية لقسمه النينو

الشرقية فوق المحيط الهادى الاستوائى . وفى كافة أحداث النينو التى درست مؤخراً كان التركيز يتم على معرفة مقدار الضعف فى التجاريات غرب خط التاريخ الدولى فى أواخر السنة السابقة لوقوع ظاهرة النينو.

ومن أحدث ظاهرة النينو العنيفة بل أعنفها خلال القرن العشرين، أحداث أعوام ١٩٢٥، ١٩٧٢، ١٩٨٢، ١٩٨٣ وأخيراً عامى ١٩٩٧ - ١٩٩٨ . وقد تجلى ذلك بالآثار الكبيرة التى أحدثتها تلك الجولات على مناخ كوكب الأرض.

والجدول التالى يبين أحداث النينو خلال الفترة (١٨٩٩ - ٢٠٠٠) مصنفة حسب درجات شدتها.

السنة	درجة الشدة	السنة	درجة الشدة
١٨٩٩	قوية	١٩٤٦	ضعيفة جداً
١٩٠٠	معتدلة	١٩٤٨	ضعيف جداً
١٩٠٢	معتدلة	١٩٥١	ضعيفة
١٩٠٥	معتدلة	١٩٥٣	معتدلة
١٩١١	قوية	١٩٥٧	قوية
١٩١٢	معتدلة	١٩٥٨	قوية
١٩١٤	معتدلة	١٩٦٣	ضعيفة جداً
١٩١٧	ضعيفة	١٩٦٥	معتدلة
١٩١٨	قوية	١٩٦٩	ضعيفة
١٩١٩	معتدلة	١٩٧٢	قوية
١٩٢٣	ضعيفة	١٩٧٣	قوية
١٩٢٥	قوية	١٩٧٥	ضعيفة جداً
١٩٢٦	قوية	١٩٧٦	معتدلة
١٩٢٩	معتدلة	١٩٨٢	قوية
١٩٣٠	معتدلة	١٩٨٣	قوية
١٩٣٢	ضعيفة	١٩٨٦	معتدلة
١٩٣٩	معتدلة	١٩٨٧	ضعيفة
١٩٤٠	ضعيفة	١٩٩١	ضعيفة
١٩٤١	قوية	١٩٩٢	ضعيفة جداً
١٩٤٣	ضعيفة	١٩٩٧	قوية
١٩٤٤	ضعيفة	١٩٩٨	قوية

ويتضح من الجدول أنه خلال القرن العشرين كان هناك (٤١) سنة حدثت فيها ظاهرة النينو، والباقي (٥٩) سنة كانت من سنوات عدم حدوث ظاهرة النينو وهى سنوات عادية حدثت فيها ظاهرة النينا.

ويؤدى حدوث ظاهرة النينو إلى ظهور تأثيرات مناخية وحيوية عامة يمكن أن نجعلها فيما يلى : إذا كان النينو ظاهرة مائية، فإنه لا يمكن عزله عن الجو المحيط به الذى يمارس دوراً فعالاً فى تشكله. وبما أن المنطقة المدارية بيابسها ومائها بما تملك من فائض طاقة وبخاصة البحار والمحيطات، هى المحرك الرئيسى للجو الأرضى، فإن أية تغييرات كبرى فى المخزون الحرارى المحيطى وفى درجة حرارة سطح الماء بمساحات كبرى سيترك آثاره فى تغيرات المناخ الواسعة فيها. ولا يقتصر تأثير النينو المناخى فى حركة الجو فى المنطقة المدارية فقط، بل يتعداها إلى العروض الوسطى. كما أن لظاهرة النينو آثاراً واضحة فى تركيز ثاني أكسيد الكبريت وفى نشأة العواصف والأعاصير، وقلّة الأمطار فى منطقة وفقرتها فى منطقة أخرى، وارتفاع الحرارة وانخفاضها .

كما نجد أن من نتائج ظاهرة النينو فى العروض المدارية تنشيطها للحركة الجوية، ومن ثم زيادة قاعلية الرياح التجارية فى تحريك المياه ودفعها غرباً فى فترة اللانينو التى تشكل مرحلة فاصلة ما بين حادثتى نينو. يلى ذلك تراكم قاعل للمياه فى غرب المحيط الهادى، ومن ثم نشأة النواة الأولى لبداية نينو. فيما يشبه الدورة الذاتية التى يحركها النينو نفسه، والتى يشار إليها بما اصطلح عليه تسمية التغذية الاسترجاعية. كذلك لا يقتصر تأثير ظاهرة النينو على حركة الجو بين المدارى، وإنما يتعدى ذلك إلى العروض الوسطى عند المستويات العلوية والسطحية. إذ ينجم عن ظاهرة النينو كما أشرنا سابقاً تزايد فى انتقال الهواء والطاقة فى المستوى العلوى من طبقة التروبوسفير إلى حزام الضغط المرتفع شبه المدارى (دائرة عرض ٣٠°) مؤدياً ذلك إلى تعاضده فى المستويات العليا والدنيا، مغترباً عليه تدرج كبير فى الضغط باتجاه القطبين، وبالتالي ازدياد فى سرعة الرياح الغربية العلوية وفى حركتها النطاقية، فينعكس ذلك على طبيعة الحركة المرجبة العلوية؛ من حيث سعة الموجات وطولها، والمعروفة عموماً بأأمواج روسبي المصاحبة للتيار النفات القطبى، بما لها من دور فى توجيه المنخفضات الجوية السطحية، وفى تشكيلها، مما تظهر آثاره واضحة فى تقلبات الطقس فى العروض الوسطى، كاستجابة مباشرة أو غير مباشرة لظاهرة النينو، تتمثل عموماً بشدة الاضطراب الجوى فى العروض بين ٤٠°

- ٦٠ درجة شمالاً وجنوباً، وباضطراب أقل في العروض شبه المدارية، التي يزداد في أوجائها العليا حركة التيار النفاث شبه المدارى مع فترة ظاهرة النينو.

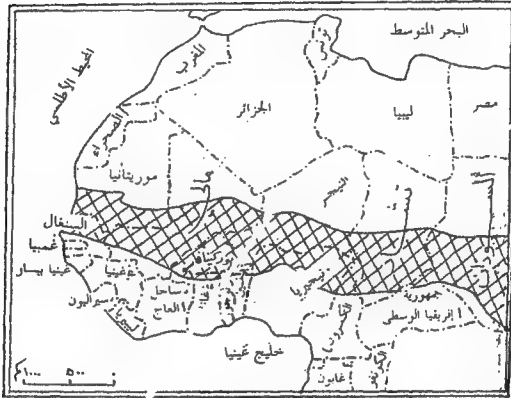
وإذا كان تدفق ثانى أكسيد الكربون من المحيط إلى الجو ينقص كثيراً في فترة النينو، فإن هذا الأمر وحده لا يكفي لتفسير التذبذبات الملحوظة في مستويات ثانى أكسيد الكربون الجوية الأرضية أو الإقليمية. كما أن اختلافات ثانى أكسيد الكربون خلال أحداث النينو من حيث المكان والزمان، لا يمكن عزلها عن مصادره الأساسية من الغلاف الجوى والصخري.

ولقد أشار بعض العلماء، إلى أن الزيادة الرئيسة في ثانى أكسيد الكربون الجوى عند نهاية فترة النينو مصدرها الغلاف الجوى الأرضى، وسببها الجفاف والحرائق في آسيا الجنوبية الشرقية المصاحبة مع فشل الموسميات، وهذا ما يعاكس الشذوذ السلبى في فترة النينو بفعل تدنى نسبة التدفق المحيطى والجوى.

وقد أرجع سبب الاختلافات الإيجابية في ثانى أكسيد الكربون خلال الفترة الحارة في المحيط الهادى المدارى (١٩٩١ - ١٩٩٤) إلى اندفاع جبل بيناتوبو البركانى (يونيو ١٩٩١)، وما تلاه من تبريد في الجو بسبب سحابة الإيروسول البركانية الاستراتوسفيرية. وأنه لمن المعتقد أيضاً أن أحوال النينو تعد عاملاً يحد من تطور العواصف المدارية والهاريكين في المحيط الأطلسى، ولكن أعداد العواصف المدارية تتزايد فوق المحيط الهادى الشرقى والأوسط. غير أن ظاهرة النينا (مرحلة البرودة) في المحيط الهادى الاستوائى تكون ملائمة لنشأة الأعاصير المدارية (الهاريكين) وتطورها.

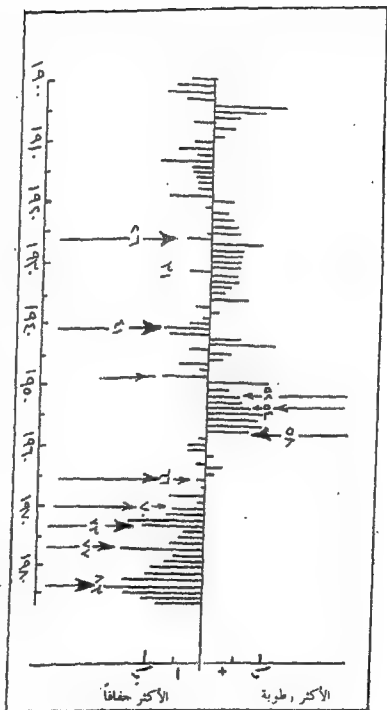
كما أكدت دراسة العلماء لأحداث النينو المتكررة خلال القرن العشرين على أنه يصاحبها شذوذ ملحوظ في درجات الحرارة والأمطار، وحدث انزياح باتجاه الشرق لنشاط العواصف الرعدية؛ من إندونيسيا إلى أوقيانوس المحيط الهادى، مصاحباً عادة بحالات من الجفاف غير العادية في استراليا الشمالية وإندونيسيا والفلبين، وحالات جفاف غير عادية في إفريقيا الجنوبية الشرقية والبرازيل الشمالية. وخلال الصيف الشمالى، يحدث ضعف كبير في الرياح الموسمية، ومن ثم تناقص كبير في الأمطار الموسمية الهندية، لتكون دون معدلها بكثير، وبخاصة في الجزء الشمالى الغربى من الهند. كما تزيد كمية الأمطار أكبر من المعدل المعروف لها بكثير، على طول الساحل الغربى من أمريكا الجنوبية المدارية، وفي العروض شبه المدارية من أمريكا الشمالية (ساحل الخليج)

وأمریکا الجنوبية (جنوب البرازیل إلى أواسط الأرجنتين) . كما يكون هناك نقص ملحوظ في كمية الأمطار في إقليم الساحل الإفريقي الممتد بحزام عرضي من دائرة عرض ١٠ إلى دائرة عرض ١٨ شمالاً بعرض القارة الإفريقية (شكل : ١٧ - ٩ أ، ب).



(شكل رقم ١٧ - ٩ أ) - إقليم الساحل الإفريقي

ولقد أوضحت بعض الدراسات أن معامل الارتباط بين الأمطار السنوية وأحداث ظاهرة النينو كان سلبياً في كافة محطات إقليم الساحل الإفريقي . أما في جنوب آسيا، وجنوب شرقها، وفي الصين الجنوبية فقد لوحظ ارتفاع كبير في درجة الحرارة وبخاصة في نصف السنة الصيفي ليصل إلى بضع درجات فوق المعدل (٥ - ١٠ م فوق المعدل) . كما تشهد اليابان والكوريتان شذوذاً إيجابياً في درجة الحرارة.



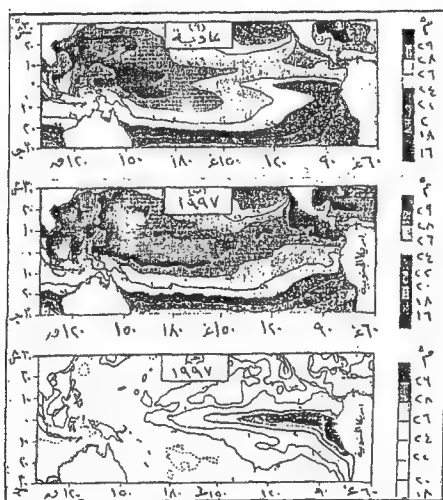
(شكل رقم ١٧) الأتباع والاعادي للمعطر السنوي في إقليم الساحل الغربي ومدى ارتباطه بمستويات النبتة والحيات

ومن الآثار البيئية والحيوية العامة لظاهرة النينو على سواحل أمريكا الجنوبية الغربية أنها تعرض هذا الساحل إلى الخلل فى السنوات التى يتقدم فيها تيار النينو الحار من الشمال متحركاً جنوباً بضعة درجات عرضية، عاكساً آثاره على الأوضاع الاقتصادية فى بيرو والإكوادور؛ حيث ينجم عن حرارة المياه الزائدة وتراجع التيار البارد، وغياب التصعيد المائى، تناقص كبير فى كمية المغذيات فى المحيط العلوى وحتى فقدان لها. وهذا الوضع يؤدى إلى هلاك فى الأسماك، منعكساً ذلك على السلسلة الغذائية بكاملها؛ من طيور بحرية تموت بأعداد كبيرة... نتيجتها كارثة بيئية بحرية. والآثار البيئية لهذا التيار الحار غير العادى لا يتوقف عند العيب بالتوازن البيئى البحرى لمياه سواحل القارة الأمريكية الجنوبية؛ بل يتعدى ذلك إلى اليابس فى مناطق عدة من العالم، قريبة منه وبعيدة عنه، حيث تزداد الأمطار فى مناطق إلى درجة تحول كمياتها الكبيرة الغزيرة إلى فيضانات مدمرة للثروة والمحاصيل الزراعية، وفى مناطق أخرى يتعاظم الجفاف وتندهر البيئة الحيوية، وفى أخرى ترتفع الحرارة زيادة عن المعدل مقترنة بالجفاف والحرائق الصدمية.

ومن أحدث أحداث ظاهرة النينو ما وقع عام ١٩٩٧ - ١٩٩٨ الذى يعد واحداً من أقوى ظواهر النينو المسجلة. فقد تطورت بسرعة وارتفعت درجة حرارتها أكثر من المعدل فى أية ظاهرة سابقة. وكان الظهور السريع لهذا التيار فى المحيط الهادى المدارى الأوسط والشرقى فى شهرى أبريل ومايو عام ١٩٩٧. وخلال النصف الثانى من السنة أصبح أقوى من مثيله فى عامى ١٩٨٢ - ١٩٨٣، مع شذوذ إيجابى فى درجة حرارة سطح المياه عبر الهادى الأوسط والشرقى تجاوز (٢ - ٥°م) فوق المعدل، بل أنها تجاوزت المعدل بأكثر من (٥°م) قرب جزر جالاباجوس Galapagos وعلى طول ساحل بيرو الشمالية (شكل: ١٨-٩).

ولقد ارتفعت درجة حرارة سطح المياه إلى أكثر من (٢٨°م) فى الأجزاء الوسطى والوسطى الشرقية من المحيط الهادى منذ بداية شهر مايو ١٩٩٧، لتختفى مياه المحيط الباردة العادية خلال الفترة من يونيو إلى أكتوبر. وكان التأثير التسخينى للنينو العامل الرئيسى الذى يعزى إليه تسجيل درجات حرارة مرتفعة فى العالم فى عام ١٩٩٧. حيث قدر أن متوسط درجة حرارة كوكب الأرض بيايسها ومائها كان أكبر بنحو (٠,٤٤°م) من المعدل القياسى خلال الفترة ١٩٦١ - ١٩٩٠. وتجاوز متوسط حرارة عام ١٩٩٧ السنة

إضافة السابقة (٢٩٩٥) بنحو (٠.٣٨ م). وفي منتصف شهر نوفمبر عام ١٩٩٨، كان حجم حوض مياه النينو الحارة قد تناقص بنسبة ٤٠٪ عن حجمه في أول شهر نوفمبر عام ١٩٩٧، ومع ذلك فإن مساحة سطحه في المحيط الهادى بقيت تقارب (١.٥ مرة) مساحة الولايات المتحدة الأمريكية. والطاقة المخزنة في هذا المحيط الحار كانت كافية لإحداث تأثيرات كبرى على أنماط المناخ العالمى حتى منتصف عام ١٩٩٨.



(شكل رقم ١٨-٩) درجة حرارة المحيط الهادى العادية (أ) وفي خلال نينو عام ١٩٩٧ (ب) وانحرافها عن المعدل في عام ١٩٩٧ (ج)

ولقد استمر النينو حتى شهر أغسطس من عام ١٩٩٨، لتعود بعدها مياه المحيط إلى وضعها الطبيعي، وتبدأ بعدها الظاهرة العكسية التي سماها العلماء ظاهرة النينا، كما سبق أن ذكرنا. ومن أهم الآثار المناخية الإقليمية التي عزاها العلماء إلى نينو ١٩٩٧ - ١٩٩٨، نذكر منها: أنه في استراليا سيطر الجفاف الشديد على معظم استراليا منذ شهر يونيو وتزامن مع حرائق كبيرة في الغطاء النباتي، لاقتران الجفاف بالحرارة الشديدة، وبخاصة خلال الفترة (من مايو إلى أكتوبر). وقد عانت مناطق عديدة من نقص في الأمطار تراوح بين ٤٠٠ - ٥٠٠ مليمتر في الأشهر العديدة التالية لشهر يونيو. أما في إفريقيا فقد عانت الأجزاء الجنوبية من إفريقيا الغربية من جفاف شديد منذ شهر يوليو ١٩٩٧ مثلما حدث خلال نينو ١٩٨٢ - ١٩٨٣. أما في إفريقيا الجنوبية فقد تأخرت بداية فصل الأمطار في معظم أجزائها. أما إفريقيا الشرقية، فقد تلقت في الجزء الأول من شهر نوفمبر أمطاراً غزيرة غير عادية على طول الساحل، تجاوزت المعدل بكثير. وفي أمريكا الوسطى فقد عانت من جفاف غير عادي خلال الفترة من يونيو إلى أكتوبر عام ١٩٩٧. وتعرض شمال أمريكا الجنوبية لجفاف شاذ، تجاوزها شمالاً شرقياً إلى إفريقيا الغربية شمالى خليج غينيا. أما في معظم أواسط وجنوب أمريكا الجنوبية فقد كان الجفاف أربط من المعتاد خلال (يونيو - أكتوبر). كما أن غالبية الجزء الأوسط من القارة شهد ارتفاعاً في درجة الحرارة أكثر من معدلها العام ببضع درجات. وتلقت معظم أجزاء شيلي الوسطى كمية أمطار في يوم واحد بقدر معدلها السنوي. ومثل هذه الأحوال الجوية نتج عن زيادة ارتباط ظاهرة النينو برياح التيار النفاث والعواصف عبر المحيط الهادى الأوسط والجنوبى الشرقى، وقد امتدت هذه العواصف بشكل ملحوظ إلى شرقى القارة. وفي الإكوادور وبيرو حدثت أمطار غزيرة وفيضانات ضخمة في الأجزاء الساحلية والوسطى من الإكوادور، والأجزاء الشمالية الغربية والساحلية من بيرو، وبخاصة في شهرى نوفمبر وديسمبر عام ١٩٩٧ حتى شهر فبراير من عام ١٩٩٨.

أما أمريكا الشمالية فقد عرفت أكثر آثار النينو شدة خلال الشتاء وأوائل الربيع. وبدأت آثار التيار البحار أبكر من المعتاد، وأثر على القارة بطرق عدة. فاستمرار مياه المحيط دافئة أكثر من المعتاد عند الساحل الغربى تسبب في ظهور أنواع حيوانية بحرية غير مألوفة على طول الساحل من شبه جزيرة باجا (Baja) إلى شمال غرب المحيط الهادى. كما تدنت كثيراً أعداد العواصف المدارية والهاريكين التي تضرب السواحل الشرقية وسواحل الخليج من الولايات المتحدة، لتنحصر في إعصار واحد (إعصار داني Danny)

الذى ضرب شبه جزيرة فلوريدا فى شهر يوليو ١٩٩٧. وفى شهر أكتوبر ١٩٩٧ ضرب إعصار بولين (Pauline) جنوب غرب المكسيك محدثاً تدميراً كبيراً فى منتجع أكابولكو السياحى على المحيط الهادى. وبصورة عامة فإن الأجزاء الجنوبية والغربية والجنوبية الشرقية من الولايات المتحدة، تلقت أمطاراً غزيرة خلال الفترة من يوليو ١٩٩٧ إلى فبراير ١٩٩٨. ليسود الجفاف والحرارة المرتفعة شمال شرقى الولايات المتحدة، حيث تدنت الأمطار إلى نحو ٥٥ - ٧٠ ٪ من معدلها العام.

وقد حل فى إندونيسيا والفلبين جفاف شديد. فالجفاف فى إندونيسيا امتد من مايو إلى ديسمبر ١٩٩٧ مصاحباً بحرائق فى الغابات خلال الفترة (من مايو إلى أكتوبر)، ولقد تجاوزت العجز فى المياه ٤٠٠ مليوناً. وشهدت الفلبين جفافاً أيضاً خلال الفترة من أكتوبر ١٩٩٧ إلى مارس ١٩٩٨ وهو موسم سيادة الرياح الموسمية الشمالية الشرقية.

أما فى آسيا فقد كان الجو رطباً مطيراً فى الهند خلال الفترتين (من مايو إلى سبتمبر) و (نوفمبر وديسمبر). وكذلك فى شرق الهند الصينية وأقصى جنوبى الصين. غير أن أواسط الصين وشمالها عانت من جفاف صيفى شديد، وارتفاع شاذ فى درجة الحرارة، مصاحب بحرائق، ونقص فى المياه، وامتد الجفاف حتى اليابان.

كما صاحبت ظاهرة النينو (١٩٩٧ - ١٩٩٨) آثار بيئية وحيوية جمة؛ لم تتوقف عند الآثار غير المباشرة التى أحدثتها الفيضانات فى منطقة الجفاف والحرائق فى منطقة أخرى، وإنما شمل أيضاً الحياة المائية فى الأجزاء من المحيط التى تعرضت مياهها السطحية للارتفاع الحرامى، وبخاصة مياه سواحل الإكوادور وبيرو، للنقص الكبير فى الأسماك الذى حدث بهجرة بعضها وموت بعضها الأكبر.

الفصل العاشر

الاحتباس الحراري والتغيرات المناخية

وآثارهما على دلتا النيل

الاحتباس الحراري* والتغيرات المناخية وأثارهما علي دلتا النيل

مقدمة

أثبت العلماء فى انجلترا والولايات المتحدة الأمريكية أن الاحتباس الحرارى، موجود بالفعل كواحدة من الظواهر الطبيعية البيئية لها مكوناتها وعناصرها ومؤثراتها، وليس مجرد افتراض علمى يستدل على صحته من وجود ظواهر أخرى تفسره أو تدعم افتراض وجوده. وقد توصل العلماء إلى هذا الانجاز من مقارنة البيانات المستمدة من مرئيات التقطتها الأقمار الاصطناعية للأرض والغلاف الجوى بفارق زمنى قدره سبعة وعشرون عاماً، إذ أظهرت هذه المرئيات - بتحليل بياناتها - تناوُل كمية الإشعاعات التى تنسرب من الغلاف الجوى للأرض إلى الفضاء الخارجى. ومن المعروف أن الدليل الذى كان يستند إليه العلماء لم يكن بتعمدى - فى أفضل الحالات - التحليلات الحاسوبية والاستنتاجات المبينة عليها، وكان المنهج الأكثر شيوعاً فى إثبات وجود احتباس حرارى يتمثل فى تحديد عدد من الظواهر الفرعية التى لم تكن لتوجد أصلاً وتصبح قابلة للملاحظة لو لم يكن هناك احتباس حرارى. واستخدم العلماء لاثبات ظاهرة الاحتباس الحرارى المرئيات التى التقطتها مركبة الفضاء الأمريكية تيمبوس - ٤ فى عام ١٩٧٠ والتى أطلقتها وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) لدراسة سطح الأرض والتغيرات فى الغلاف الجوى لمدة ثمانية أشهر - من ابريل ١٩٧٠ حتى يناير ١٩٧١ - والقمر الاصطناعى (ديوس) الذى أطلقته اليابان فى اكتوبر عام ١٩٩٦ لأغراض دراسة ومراقبة كمية الغازات الموجودة داخل الغلاف الجوى. ومن النتائج التى توصل إليها العلماء أن ظاهرة الاحتباس الحرارى يبدو أنها الخطر القادم لكوكب الأرض بعد الزلازل والأعاصير والسيول والفيضانات.

ويتسبب عن الاحتباس الحرارى تغيرات مناخية محلية وإقليمية وعالمية والتى لها آثار خطيرة على حياة الشعوب واقتصاديات الدول مما يؤثر بالسلب على التقدم والرقى

(*) يعرف كذلك بالانحباس الحرارى أو الاحترار العالمى، أو ظاهرة الدفينة، أو ظاهرة الصورة الزجاجية أو ظاهرة البهوت الزجاجية والتى ينتج عنها ارتفاع درجة حرارة كوكب الأرض، وقد أجمع أهل الأرض على حدوثه ولكنهم اختلفوا اختلافاً بيناً فى تقدير كميته ومعدلاته.

للإنسان. ويتفق الجميع في الشرق والغرب والشمال والجنوب على حدوث التغيرات المناخية كظاهرة بدأ الاحساس بها بعد سنوات من بداية الثورة الصناعية وقيام البشرية بحرق كميات هائلة من الوقود الحفري (الفحم والبتروöl). ويختلف معظم البشر في تفسير بعض ظواهر المناخ خاصة أن هناك ظواهر أصبحت تدعو إلى الجدل مثل الارتفاع في درجة الحرارة الشاذ في بعض الأيام أو سقوط الأمطار أو تلوج في الصيف أو قيام عواصف وأعاصير في أماكن لم تعدها بعض المناطق أو حدوث تغير شديد في المناخ في نفس اليوم مثل البرودة الشديدة في الصباح الباكر والحرارة الشديدة في منتصف النهار، ولكل فرد تقريباً نظرية بشأن هذه التغيرات في المناخ.

ويهتم هذا الفصل بدراسة هاتين الظاهرتين، الاحتباس الحراري والتغيرات المناخية، اللتين احتدم نقاش مفرط عنهما وأثير جدل مستفيض حولهما وعقدت لهما ندوات علمية عديدة ومؤتمرات عالمية متعددة لعل من أشهرها مؤتمر قمة الأرض الذي انعقد كل عشر سنوات ابتداء من عام ١٩٩٢ في ريودي جانيرو، وكان مواعده الثاني عام ٢٠٠٢ في جوهانسبرج بجنوب أفريقيا.

أولاً: ظاهرة الاحتباس الحراري

أشكر لفظه "الاحتباس الحراري"، العالم الكيميائي السويدي، سفانتى أرينيوس، عام ١٨٩٦م. لقد أطلق أرينيوس نظرية أن الوقود الحفري المحترق سيزيد من كميات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي وأنه سيؤدي إلى زيادة درجة حرارة الأرض. ولقد استنتج أنه في حالة تضاعف تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي فأننا سنشهد ارتفاعاً بمعدل ٤ أو ٥ درجة مئوية في درجة الحرارة، ويقترّب ذلك على نحو ملفت للنظر من توقعات اليوم. ومن المعروف أن أثر الاحتباس الحراري ولملايين السنين قد دعم الحياة على هذا الكوكب. وفي مثل ما يحدث في درجة البيت الزجاجي فإن أشعة الشمس تتغلغل وتسخن الداخل إلا أن الزجاج يمنعها من الرجوع إلى الهواء المتعطل البرودة في الخارج. والنتيجة فإن درجة الحرارة في البيت الزجاجي هي أكبر من درجات الحرارة الخارجية. كذلك الأمر بالنسبة لأثر الاحتباس الحراري فهو يجعل درجة حرارة كوكبنا أكبر من درجة حرارة الفضاء القارضة. ومن المعروف كذلك أن كميات صغيرة من غازات الاحتراق المتواجدة في الجو تلتقط حرارة الشمس لتسخن الأرض والهواء والمياه مما ينفخ الروح في أشكال الحياة. ويفضل امكانية غازات الاحتراق على النقاط حرارة الشمس فإن هذه الحرارة تبقى في الغلاف الجوي بالقرب من سطح الأرض لمدة تكفي لتبخّر المياه من التربة والنباتات والأنهار والبحيرات والمحيطات لتتصاعد في أعالي الغلاف الجوي البارد لتشكيل السحب والأمطار.

وقبل الثورة الصناعية فإن غازات الاحتراق المنتشرة بشكل طبيعي في الغلاف الجوى امتصت كميات كافية من حرارة الشمس لتبقى العالم في درجة حرارة متوسطة تصل إلى ما يقارب ١٥ درجة مئوية. ولكن اليوم فإن الغازات المصطنعة تحبس كميات متزايدة من حرارة الشمس في الغلاف الجوى المنخفض وتمنعها من الانطلاق في الفضاء. وكنتيجة لذلك فيتوقع أن ترتفع درجات الحرارة العالمية ما بين ٢-٥ درجة موية بحلول ٢١٠٠، وأن تستمر بالارتفاع حتى تخفّض انتشار غازات الاحتباس بشكل تقترب كميات تركيزاتها في الغلاف الجوى مرة أخرى من مستويات ما قبل الثورة الصناعية.

وكل عام تؤدي مختلف الأنشطة البشرية إلى انتشار ٥.٧ ألف مليون طن من الكربون في الغلاف الجوى إضافة إلى كميات كبيرة من غازات الاحتباس الأخرى كالكلوروفلوروكربون والميثان وثاني أكسيد النيتريت. ويعد ثاني أكسيد الكربون غاز الاحتباس الرئيسي والمسؤول عن ٥٥٪ من الاحتراق العالمي. ويقدر أن أربعة أخماس إجمالي ثاني أكسيد الكربون المنبعث بواسطة الأنشطة الانسانية مصدره الاحتراق المحترق، كالفحم والنفط والغاز، ومعظم الباقي ينجم عن قطع اشجار الغابات الاستوائية.

ويعد الكلوروفلوروكربون المستخدم في التبريد، عوازل الهواء وتصنيع المطاط والمواد العازلة وفي قناتي الايروسول، أكبر أسباب الاحتراق العالمي - حوالي ٢٤ في المائة - فيما يساهم الميثان بمعدل ١٥٪، ويساهم كذلك ثاني أكسيد النيتريت بمعدل ٧٪. وتبقى غازات الاحتراق في الغلاف الجوى لعقود وحتى لقرنين، ونتيجة لذلك فإننا حتى ولو وضعنا حدا لجميع الغازات فإن الكوكب سيستمر في الاحتراق والمناخ بالتغير لمدة قرن على الأقل.

أصل الظاهرة

ينطلق إلى الغلاف الجوى ١٠ اثنائي اكسيد الكربون بمعدلات كبيرة كنتيجة لعوامل طبيعية ولكن المنبعث من ذلك الغاز يفعل الطبيعة تمتصه عوامل طبيعية أخرى كالأشجار والنباتات، لذلك يتحقق التوازن البيئي على المدى الطويل. غير أن النشاط البشرى يطلق أيضاً كميات متزايدة من ذلك الغاز مما يؤدي إلى زيادة تركيزه في الغلاف الجوى محدثاً ما يعرف بظاهرة البيت الزجاجي أو الاحتباس الحرارى Green House Effect وهو ما يؤدي بدوره إلى ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوى، ومن هنا اتجه التفكير إلى الربط بين ما ينبعث من تلك الغازات نتيجة للنشاط البشرى وبين هذه الظواهر التي تهدد نوعية الحياة على كوكب الأرض.

وتأييداً لتلك النظرية يقول أنصار حماية البيئة أن درجة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون قد ارتفعت على مدى الأعوام المائة الماضية من نحو ٢٧٠ إلى ٣٥٠ جزءاً في المليون، وهي زيادة تصل إلى نحو ٢٠ ٪ خلال الفترة المذكورة وينتظر أن يزداد التركيز إذا استمر الحال على ما هو عليه الآن ليصل إلى ضعفه ما كان عليه وذلك في النصف الثاني من القرن الحادي والعشرين أى قرابة ٥٤٠ جزءاً في المليون. وتشير الدراسات التي قدمت لمؤتمر الأمم المتحدة للبيئة والتنمية الذي عقد في ريودي جانيرو بالبرازيل عام ١٩٩٢ ويعرف باسم قمة الأرض، أن متوسط درجة حرارة الغلاف الجوى قد ارتفع خلال الأعوام المائة الماضية بما يتراوح بين ٠.٣ و ٠.٦ درجة مئوية.

وكان المبعث من الكربون نتيجة للنشاط الصناعي وغيره من الأنشطة البشرية عام ١٩٥٠ يبلغ نحو ١.٦ مليار طن، ومع استمرار نمو استهلاك الوقود الحفري (الفحم والبترون والغاز الطبيعي) ارتفعت انبعاثات الكربون لتبلغ في عام ١٩٩٠ نحو ستة مليارات طن- وإذا تقاسد الكربون بحيث يتحول طن الكربون إلى ما يعادل نحو ٣.٦٧ طن ثاني أكسيد الكربون- ونحو ٢٩ مليار طن عام ٢٠١٠ ونحو ٣٦ مليار عام ٢٠٣٠، ويرى أنصار حماية البيئة أن ذلك التطور من شأنه أن يرفع حرارة الغلاف الجوى بحلول عام ٢٠٥٠، بحيث تؤدي إلى إذابة الغطاء الجليدى في القطبين الشمال والجنوبى فيرفع مستوى المياه في البحار والمحيطات لكى يغرق الأراضي الساحلية المنخفضة على سطح الأرض بما في ذلك أجزاء من الساحل الشمالى المصرى.

يؤفى محاولة للرد على النظرية التى تربط بين انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون وظاهرة الاحتباس الحرارى يقول بعض الخبراء: إن الفترات التى ارتفعت خلالها حرارة الغلاف الجوى عبر السنوات المائة الماضية لم تتزامن مع فترات ارتفاع التركيز في ذلك الغاز، وأن البرامج التى تستخدم فيها الحسابات الآلية وإن كانت تتوقع ارتفاع حرارة الغلاف الجوى في المستقبل إلا أنها لا تتفق فيما يتعلق بدرجة ذلك الارتفاع.

ويرتكز اهتمام أنصار حماية البيئة حول السعى لخفض كثافة الطاقة المستخدمة لإنتاج السلع وأداء الخدمات وهو ما يترتب عليه بالضرورة خفض كثافة الكربون الذى يتخلف عن استهلاك الطاقة ويطلق في الغلاف الجوى مسببا ظاهرة الاحتباس الحرارى.

ونقاس كثافة الطاقة بما يلزم استهلاكه من الطاقة لإنتاج وحدة من الناتج المحلى

الاجمالى GDP مقيراً عنه بوحدات نفدية كالدولار، كما تقاس الطاقة المستهلكة (أو المنتجة) بوحدات قياس مشتركة. إذ يتم تحويل مختلف مصادر الطاقة إلى طن أو برميل بخار معادل، أو إلى وحدات حرارية بريطانية. ويتأثر هذا القياس بدوره بمستوى كفاءة المعدات والأجهزة المستخدمة للطاقة. مثل محطات توليد الكهرباء، والأجهزة التى يستخدمها المستهلك النهائي فى استهلاك الطاقة، ووسائل النقل والمواصلات.. إلخ. كذلك تتأثر كفاءة الأجهزة والمعدات بالأسعار النسبية للطاقة وغيرها من عوامل الإنتاج التى تسهم فى اقتصاد الدولة مثل رأس المال والعمل فكلما كانت تكلفة الطاقة أعلى من تكلفة غيرها من عوامل الإنتاج. ازداد الحافز للاستثمار فى تنمية تكنولوجيا كفاءة الطاقة وفى دعم أنشطة البحث والتطوير الموجهة لتحسين تلك الكفاءة، وكلما كانت تكلفة الطاقة تمثل جانباً مهماً من ميزانية المنتج. ازدادت الرغبة فى تقليص حجم ما يستهلك منها، وارتفع بذلك الحافز لترشيدها اقتصادياً فى تكلفتها المرتفعة. ويعكس ذلك يكون الحال، كلما انخفضت أسعار الطاقة أو تضاعفت لفترة طويلة ففى تلك الحالة يقلص الحافز للإنفاق على ترشيد الطاقة ورفع كفاءتها.

كذلك تتأثر كثافة الطاقة بعامل لا يرتبط مباشرة بسعرها أو تكلفتها، وهو ما يعرف بمعدل التغير الذاتى لاستخدام الطاقة. ومن ذلك ما يحدث مستقلاً عن التغير فى أسعار الطاقة، من تغيرات فى معايير وكفاءة الأجهزة والمعدات المستهلكة للطاقة، وما يحدث أيضاً من تغير فى أذواق وتفضيلات المستهلكين وبصفة عامة حتى يدون وضع وتنفيذ سياسة معينة لتحسين كفاءة الطاقة، فمن الممكن أن تسهم كثافة الطاقة إلى الانخفاض تدريجياً، وذلك على نحو ما يحدث بالفعل فى الدول الصناعية المتقدمة نتيجة للجهود التى تبذل لخفض تلك الكثافة دون النظر إلى أسعارها.

وقد انخفضت كثافة الطاقة (أى ارتفعت كفاءتها) بصورة مطردة فى معظم الدول الصناعية الغربية نتيجة لما قامت بوضعه وتنفيذه من برامج صارمة لترشيد الطاقة وتحسين معاييرها، إنتاجاً واستهلاكاً، كذلك اقترن بتلك البرامج اتجاه الاقتصادات الصناعية الغربية إلى إحلال الصناعات ذات الكثافة الخفيفة فى استهلاك الطاقة محل الصناعات الكثيفة فى استخدامها. ومن ذلك حدث فى الولايات المتحدة، إذ انخفضت كثافة الطاقة فيها بمعدل ٢,٢ ٪ سنوياً فى المتوسط خلال الفترة ١٩٧٠ - ١٩٨٠، وبمعدل ١ ٪ سنوياً فى المتوسط خلال الفترة ١٩٨٦ - ١٩٩٨. وهى الفترة التى تأكلت خلالها أسعار البترول فلم تعد تمثل جانباً مهماً فى تكلفة السلع الصناعية، وكذلك بعد أن أنجزت برامج ترشيد الطاقة أهم أهدافها فى تحجيم الهدر فى استخدام الطاقة.

وبذلك انخفض حجم الطاقة المستخدمة لإنتاج ما قيمته دولار واحد (بقيمة ثابتة) من الناتج المحلي الإجمالي في الولايات المتحدة من نحو ١٨ ألف وحدة حرارية بريطانية عام ١٩٧٣ إلى نحو ١٠ آلاف وحدة عام ١٩٩٩. ومع ذلك لا تزال الولايات المتحدة الأكثر إسرافاً في استهلاك الطاقة بين نظائرها في المجموعة الصناعية الغربية، إذ لا يتجاوز حجم الطاقة المستهلكة في الاتحاد الأوروبي لإنتاج ما قيمته دولار نحو ٧٨٠٠ وحدة حرارية بريطانية. وبالنسبة للبترول بصفة خاصة لا يتجاوز استهلاك الاتحاد الأوروبي ثلثي ما تستهلكه الولايات المتحدة بالنسبة لكل وحدة من وحدات الناتج المحلي الإجمالي.

وكما ذكرنا تتخلف عن حرق الوقود الحفري تركيزات كربونية تتفاعل في الجو مع الأوكسجين فتتحوّل إلى ثاني أكسيد الكربون. وتقاس كثافة الكربون بمقدار ما يتخلف منه عن إنتاج وحدة من الطاقة. ومن أمثلة ذلك ما يطلق في الجو من الكربون ضمن عادم الأفران في المنشآت الصناعية ووقمائن الطوب وحريق قش الأرز إلى آخر ما نعاينُه عندما تشد كثافة السحابة السوداء على مدينة القاهرة. ففي كل حالة من تلك الحالات يقرن بكل وحدة من الطاقة المنتجة كمية من الكربون تسبب إليها فيما يعرف اصطلاحاً بكثافة الكربون. ومن ثم فإن تلك الكثافة تختلف باختلاف المحتوى الكربوني لكل مصدر من مصادر الطاقة المستخدمة. فالطاقة النووية ومعظم مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة، مثل طاقة الرياح والشمس والطاقة الكهرومائية، لا يتخلف عنها شيء من الكربون أما مصادر الطاقة الحفرية (الفحم والبترول والغاز الطبيعي) فيختلف محتواها الكربوني بحسب المصدر. إذ يرتفع ذلك المحتوى بالنسبة لكل وحدة حرارية منتجة في حالة الفحم، ويتدرج انخفاضاً في الزيت ثم في الغاز الطبيعي. ومن ذلك أن احتراق ما يعادل طناً من البترول تحت ظروف معيارية متماثلة يتخلف عنه في حالة الفحم نحو ١,٠٥ طن كربون، بينما يتخلف عن البترول ٠,٨٢ طن كربون، ويختلف عن الغاز الطبيعي ٠,٦٣ طن كربون، وكما ذكرنا فإن الكربون يتأكسد عند انطلاقه إلى الجو بحيث يتحول طن الكربون إلى ما يعادل نحو ٣,٦٧ طن ثاني أكسيد الكربون.

ولا يعد ثاني أكسيد الكربون المسبب لوحده عن ظاهرة الاحتباس الحراري بل هناك مجموعة غازات أخرى - تعرف بالمجموعة الحابسة للحرارة في الهواء - وتعد هي الأخرى مسؤولة عن الظاهرة وهي غازات بخار الماء والميثان وأكسيد النيتروجين وكلوروفلوروكربون والسوت Seot أو الهباء الجوي والدخان حيث أن هذه الغازات تظل متنفذة شفافة لأشعة ضوء الشمس للأرض في اتجاه واحد وليس العكس، بمعنى أن

الطاقة الحرارية المرتدة من الأرض لا تنفذ إلى الفضاء. وهناك دلائل ودراسات تؤكد زيادة في تلك التركيزات للغازات الحابسة للحرارة، فغاز ثاني أكسيد الكربون بلغ تركيزه ٣٠٪ وغاز الميثان ١٠٪ - وهو الغاز الناتج عن بعض أنشطة الزراعة، مثل زراعة الأرز وتربية الحيوانات والمخلفات الحيوانية. كما أثبتت القياسات المسجلة إلى أنه خلال العشرين عاماً الأخيرة قد سجلت أقصى ارتفاع لدرجات الحرارة خلال القرن العشرين حيث سجل عام ١٩٩٨ أعلى ارتفاع لدرجة الحرارة لكوكب الأرض منذ بدء عمليات القياس عام ١٨٦٠.

واثبتت الدراسات كما أكد البحث العلمي على وجود ظاهرة الاحتباس الحراري. كظاهرة طبيعية معاصرة - بعدما كان يظن أنها فرضاً علمياً أو حتى ضريباً من الوهم - وقد توصل العلماء البريطانيون إلى إثبات أن الاحتباس الحراري موجود بالفعل وكان ذلك بمثابة أول دليل علمي على وجود هذه الظاهرة كظاهرة طبيعية لها مكوناتها وعناصرها ومؤثراتها. وتم هذا الانجاز عبر تحديد الفوارق بين البيانات المستمدة من مرئيات الأقمار الاصطناعية عن الأرض والغلاف الجوي والتي تفصل بينهما مدة قدرها سبعة وعشرون عاماً حيث وجدوا أن أبرز هذه الفروق هو زيادة كمية الموجات الاشعاعية ذات الحزم المنشورية، والتي تعد من الخواص المميزة لغازات ثاني أكسيد الكربون والميثان والأوزون وهي الزيادة التي تعد مسئولة عن تآكل طبقة الأوزون. كما أن هناك علاقة اضطرابية بين هذه الزيادة واحتباس حرارة الشمس داخل الغلاف الجوي. وقد أبدى العلماء حرصاً شديداً على التأكد أولاً من صحة البيانات المستقاة من المرئيات الفضائية وذلك بالجمع بين أسلوب المقارنة والملاحظة مع الحسابات بواسطة الحاسب الآلي، وكذلك من خلال استبعاد دور عوامل قد يظن أنها تفضي إلى نفس التأثير، مثل تراكب السحب. ولهذا أدركوا ضرورة التوصل إلى صياغة معادلة رياضية لحساب معامل انقشاع السحب، واعتمدوا في ذلك على فصل قطاعات منشورية للاشعاعات طويلة الموجة والتي تنبعث من الأرض، واعداد وصف تحليلي لهذه القطاعات ثم تحويله إلى مجموعة من البيانات التي تشكل فيما بينها مقياساً موثقاً به بكمية الحرارة التي تتسرب من الأرض إلى الغلاف الجوي. وكمية الحرارة هذه تعد بدورها مؤشراً أساسياً لقياس كمية الغازات الحبيسة داخل الغلاف الجوي. وحرصاً أيضاً على التأكد من صحة البيانات وسلامة قواعد القياس والمقارنة بين فترتين زمنيتين متناظرتين فصليا ومناخيا من الناحية النظرية (من ابريل حتى يونيو ١٩٧٠، ونفس الشهور الثلاثة من عام ١٩٩٧ لاقاليم تتميز بصفاء سمائها تماماً) فقد نه العلماء إلى أنه لا يصلح استنتاج أن درجة حرارة سطح الأرض آخذة في الارتفاع هي الأخرى إذا

أن هناك احتمالاً لأن تؤدي زيادة الاحتباس الحراري داخل الغلاف الجوي إلى زيادة مناظرة أو موازية في كمية السحب التي تقوم بدور العاكس للأشعة الشمسية وبالتالي تقلل من كمية حرارة الشمس التي تصل إلى سطح الأرض.

ومن المتوقع أن يؤدي التحقق من وجود ظاهرة الاحتباس الحراري وإثباتها استناداً إلى الملاحظة والتجربة على أسباب التغيرات التي تطرأ على حزم الإشعاعات طويلة الموجة التي تنبعث من الأرض وأن السبب الأكبر هو كمية الغازات، وبالإضافة إلى ذلك فإن التوصل إلى الدليل على معرفة ظاهرة الاحتباس الحراري عبر مقارنة بيانات المسح الفضائي يجعله خلواً من أي غموض، كما يؤدي إلى جانب انعكاساته على الجوانب البحثية والمعرفية إلى تعديل ملحوظ في التوجهات الدولية بشأن التشريعات المتعلقة بالتحكم في الانبعاثات الغازية إذ أن بعض الدول كانت تشير في معرض عدم تحمسها لا نفاذ مثل هذه التشريعات إلى أن الاحتباس الحراري لا يزال افتراضاً يحتاج إلى إثبات وتأكيد، وذلك بناء على آراء بعض العلماء نحو ظاهرة الاحتباس الحراري حيث أثبتوا أن وسائل قياس درجة حرارة الأرض تعود إلى نحو مائة عام وتفتقر إلى الدقة إذ أنها تشير إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض ٠.٥ درجة مئوية خلال السبعينيات من القرن العشرين، واعتقد العلماء أن الارتفاع سوف يستمر بالتدريج نفسها، ولكن الوسائل الحديثة أثبتت أن الزيادة في درجة الحرارة لا تتعدى ٠.١٣ درجة مئوية فقط كل عشرة أعوام. وبناء على ذلك فإنه يجب إعادة النظر في ملاحظات وقياسات درجة حرارة الأرض إذ أن المعلومات المتاحة عن مقدار التغير في درجة حرارة الأرض هي اذن معلومات غير صحيحة وتحتاج إلى إعادة تقييم حتى لا تكون ظاهرة الاحتباس الحراري مجرد وهم مزعوم !!

النتائج المتوقعة للاحتباس الحراري

يمكن حصر النتائج المتوقعة لظاهرة الاحتباس الحراري أو الاحترار العالمي في تدفئة المحيطات وإذابة الجليد في العروض القطبية، وتأثير ارتفاع درجة الحرارة على الزراعة وعملية التمثيل الضوئي للنبات، وانتقال النطاقات المناخية - الزراعية نحو القطب. وفيما يلي دراسة تفصيلية لكل من هذه النتائج المتوقعة على حدة.

(١) تدفئة المحيطات

من المعروف ان دفء الغلاف الجوي لا يدوم إلا اذا صاحبه دفء مماثل للطبقات العليا من مياه المحيطات. ومن هذه العلاقة سيؤدي ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي الى العديد من الآثار منها: تقليل كمية الثلوج في البحار والمحيطات،

ارتفاع في منسوب سطح البحر، انطلاقاً ثانياً أكسيد الكربون من المحيطات نحو الغلاف الجوي، تقليل الحركة التبادلية الرأسية في مياه المحيطات، وأخيراً انتقال النظم البيئية البحرية بما تتضمنه من ثروة سمكية نحو القطب. هذا وسيؤدي تقليل كمية الثلوج في البحار والمحيطات التي تقلل ظاهرة الالبيدو التي تؤدي بدورها الى مزيد من التدفئة وزيادة التساقط، ومن المحتمل ظهور مناطق ثلوج وجليد في اتجاه القطب.

ويقدر أن الزيادة في متوسط درجة حرارة الألف متر العلوية من مياه البحار والمحيطات في حدود 5 م، ستؤدي الى رفع منسوب سطح البحر في حدود متر واحد بسبب تمدد حجم المياه. كما ستؤدي مثل هذه الزيادة في حرارة مياه البحار والمحيطات الى رفع الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون لهذه المياه بنحو 30% وحتى يعود التوازن في الضغط الجزئي لهذا الغاز بين المحيطات والغلاف الجوي - والذي من المجهل أن يستغرق بضع سنوات قليلة - فإن كمية ثاني أكسيد الكربون في الهواء سترتفع بنسبة 17%. كما أن التدفئة المتوقعة للمنطقة القطبية ستؤثر في معدل التهوية للمياه تحت السطحية. إذ ستتكور طبقة رقيقة من المياه الدافئة نسبياً فوق المياه العميقة الأبرد، ومن ثم تزداد الكثافة الطباقية الرأسية للمحيطات. وسيؤدي هذا بدوره الى منع المزج أو الخلط الرأسى وعمليات تقليب المياه مما يؤدي بالتالى الى تقليل معدل مصادر الغذاء لمياه المحيطات القريبة من السطح، ومن ثم تقل انتاجية النباتات البحرية. وستقل تبعاً لذلك كمية المواد العضوية للمية التي تغوص من الطبقات السطحية الى المياه العميقة. وبالتالي سيقول معدل قدرة المياه العميقة على امتصاص ثاني أكسيد الكربون. ومن المتعارف عليه ان حرارة الغلاف الجوي ومياه المحيط القريبة من السطح ستزداد بدرجة أكبر في العروض العليا عليها في العروض الدنيا، وربما تتغير بشكل واضح دورة المياه العميقة والتغير الرأسى بين المياه العميقة والمياه القريبة من السطح نتيجة لتقليل أو حتى توقف الانقلاب الرأسى الحالى، وتوقف احلال المياه العميقة في المحيط الأطلسى الشمالى.

وعلى ضوء الشواهد عن دفء المحيطات في الفترات العاصية، فإن مساحات الجليد في البحار والمحيطات في العروض العليا ستقل بصورة جوهرية، ومن المحتمل أن يكون ذلك بدرجة كبيرة تسمح بفتح كلا من الممرات الشمالية الغربية والشمالية الشرقية للملاحة معظم أيام السنة. فقد أدى الارتفاع الطفيف في متوسط درجة حرارة الهواء فوق نصف الأرض الشمالى والذي صاحبه تدفئة مماثلة لطبقة المياه السطحية للمحيط اثناء العقود الأولى من القرن العشرين، الى انتقال واضح لمواقع بعض مصائد الاسماك التجارية الهامة وبصفة خاصة سمك التلدا الى شمال نحو مياه كل من

جزيرتي جرينلاند وشمال أيسلند. ومن ثم فإن تدفئة كبيرة غير عادية للغلاف الجوى ستؤدي بكل تأكيد الى أحداث آثار هامة على مواقع المصايد التجارية الهامة واتساع نطاقها الجغرافي. ونظراً لأن الكائنات العضوية البحرية المختلفة تختلف درجة استجابتها للتغيرات الحرارية فمن المتوقع أن تتدهور النظم البيئية البحرية بشكل خطير.

الآثار المتوقعة للتراكمات الجليدية القطبية

من المستحيل أن نتوقع بما يمكن أن يحدث للتراكمات الجليدية في كل من جرينلاند وانتاركتيكا (القارة القطبية الجنوبية) كنتيجة مباشرة لارتفاع بضع درجات معدودات في متوسط درجة حرارة الهواء. ومع هذا فمن المسلم به أن درجة حرارة انتاركتيكا سنبقى دون درجة التجمد، ولهذا فمن المحتمل ألا يحدث انصهار للجليد عند سطحها أو بالقرب منها. بل ربما تؤدي مثل هذه التغيرات المناخية الى تزايد كمية تساقط الثلوج السنوية فوق كل من انتاركتيكا وجرينلاند مما يؤدي بالتالي الى حدوث زيادة هائلة في سمك الجليد في هذه المناطق. وسيؤدي هذا بدوره الى زيادة الضغوط الأفقية على قاعبة التراكمات الجليدية مما يؤدي الى انزلاق كتل جليدية في اتجاه البحار. ولو حدثت مثل هذه الانزلاقات بشكل يؤدي الى تدمير التراكم والجليد في غرباً انتاركتيكا، فربما يؤدي هذا الى ارتفاع منسوب سطح البحر على مستوى العالم في غضون 5 أمتار خلال ثلاثة قرون.

(٢) الآثار المتوقعة للزراعة في العالم

يعتقد الكثير أن آثاراً أكثر بعداً ستصيب الزراعة - وهي الحرفة الأساسية للبشرية - نتيجة للتزايد الكبير في كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوى. وعلى ضوء ذلك، لا يمكن تحديد نوعية هذه الآثار تماماً ولو بصورة غير كمية. ومع هذا يمكن القول أن بعض الآثار المتوقعة والتي سيكون القليل منها مفيداً، بينما غالبيتها ستكون ضارة وذات طابع تدميري. ويجب أن نأخذ في الحسبان عوامل مؤثرة هي:

- ١- أثر ارتفاع مستوى ثاني أكسيد الكربون على عملية الايض عند النبات.
- ٢- ارتفاع متوسطات درجات الحرارة السنوية.
- ٣- الانتقال المكاني للأقاليم المناخية - الزراعية وخاصة في أنماط التساقط في الأقاليم المختلفة.
- ٤- احتمالات تزايد أو تناقص للتذبذب المناخى من سنة لأخرى في الأقاليم المختلفة.
- ٥- أثر زيادة كمية الغيوم المتوقعة على نمو المحاصيل.

(٣) الآثار المتوقعة لعملية التمثيل الضوئي

أصبح من المعروف وجود ارتباط بين زيادة كمية ثاني أكسيد الكربون في الهواء وزيادة عملية التمثيل الضوئي عند النبات لإنتاج المواد العضوية، مع افتراض توفر المتطلبات الأخرى اللازمة للنمو ممثلة في المواد الغذائية - المياه وأشعة الشمس - بكميات كافية، وعلى أساس ألا يكون النبات واقعاً تحت ضغوط أو معوقات للنمو مثل الحرارة المنخفضة جداً أو المرتفعة جداً أو زيادة درجة حموضة التربة أو قلويتها أو نقص كمية الأوكسجين في منطقة الجذور أو أية أمراض أو عوامل أخرى معوقة. ومن خلال التقنية الحديثة للزراعة، أصبح من الممكن أن توفر مصادر كافية من المياه والمواد الغذائية الأساسية والثانوية، كما أصبح من الممكن التخلص من معظم مسببات المعوقات السابقة. ولهذا يصبح ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي والاشعاع الشمسي والصفات الوراثية الكامنة لسلالات المحاصيل الزراعية هي العوامل المحددة للإنتاج الزراعي.

وقد تبين أنه في ظل ظروف الزراعة العادية أن صافي إنتاج التمثيل الضوئي ممثلاً في المواد العضوية التي تبقى بعد أن يكون النبات قد استخدم بعضاً من انتاجه في عملية التنفس، لا يزيد بنفس سرعة تزايد ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. أما بالنسبة للغلاف الحيوي الأرضي ككل فقد قدر عامل التناسب بحوالي ٣٠٪، ولكنه يمكن أن يكون أكبر من هذا بالنسبة للمحاصيل الزراعية وربما تضع الابحاث الزراعية والوراثية في المستقبل هذا العامل في حدود الواحد الصحيح أو بنسبة ١٠٠٪. ولكن من ناحية أخرى ربما تعمل بعض التغيرات الأخرى الناجمة عن ارتفاع ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي في الاتجاه المضاد فلو زاد معدل حرارة الهواء بشكل واضح تزداد بالمثل درجة تنفس النبات. ومن هنا ربما يقل صافي إنتاج التمثيل الضوئي حتى مع ارتفاع حجم التمثيل الضوئي.

وإذا ما ارتفعت نسبة مساحة الأرض المغطاة بالسحب بأن كمية الاشعاع الشمسي الداخلة ستقل بطبيعة الحال وبالتالي تتناقض كمية الطاقة المتاحة واللازمة للتمثيل الضوئي عند المحاصيل الزراعية. وقد تبين أن زيادة السحب أثناء الفصل الموسمي الممطر في الهند وبنجلاديش قد قلل من عائد المحصول بالمقارنة مع العائد الذي أمكن الحصول عليه من نفس الحقل في الشهور المشمسمة في الفترة من أكتوبر حتى مارس.

(4) انتقال التطاقات المناخية - الزراعية في اتجاه القطب

قد يؤدي ارتفاع متوسط درجة حرارة العالم السنوية، والذي يزداد أكثر في اتجاه العروض العليا من انتقال عام للتطاقات المناخية - الزراعية في اتجاه القطب. ففي العروض العليا على سبيل المثال قد يطول فصل النمو الخالي من الصقيع بشكل أكبر مما هو قائم في الوقت الحاضر مما يجعل في الأماكن أن تمتد حدود الزراعة بصورة أكثر في اتجاه الشمال في نصف الأرض الشمالي. وفي نفس الوقت ربما تصبح درجة حرارة الصيف في العروض الوسطى مرتفعة لدرجة لا تساعد على تحقيق الانتاجية المثالية للمحاصيل التي تنمو حالياً في هذه العروض - مثل الذرة وفول الصويا في كل من ولاية ايوا والينوى وانديانا وميسوري بالولايات المتحدة الأمريكية - وربما يصبح من الضروري في هذه الحالة أن يتحرك نطاق الذرة في أمريكا الشمالية في اتجاه الشمال. ولكن تربة البودزل الحمضية التي تنتشر في مساحات واسعة في العروض العليا والتي تتعرض لعملية تصفية شديدة، ستحتاج الى وسائل تحسين مكثفة وكلفة لتقريب انتاجيتها من العائد الذي نحصل عليه الآن من التريات الجيدة في نطاق الذرة الحالي.

كما يتوقع زيادة متوسط التساقط العالمي الذي يبدو لأول وهلة أنه مفيد للزراعة. ولكن يبدو أن اقتران هذا بارتفاع درجة الحرارة سيزيد من عملية التبخر - النتج في الأراضي الزراعية مما يجعل بعض الفائدة لموارد المياه المضافة وربما كلها تفقد قيمتها تحت وطأة ارتفاع درجة الحرارة. هذا وربما يزيد معدل التبخر - النتج في بعض الأقاليم عن معدل الزيادة في كمية التساقط، وبعبارة أخرى فإن هذا يعني أن معدل الزيادة في التساقط لن يكون مفيداً.

ومما تجدر الإشارة إليه أن الآثار الأكثر خطورة على الزراعة ستبرز ليس فقط من خلال التغيرات في متوسطات الظروف المناخية العالمية ولكن من خلال انتقال مواقع الأقاليم المناخية وما يصاحب هذا من تغيرات في طبيعة العلاقة القائمة بين الحرارة - التبخر - النتج، وموارد المياه والسحب، والتوازن الإشعاعي داخل الأقاليم. ومن المعروف أن أنماط الزراعة الحالية وتنوع المحاصيل والتقنية الزراعية في المناطق المناخية المختلفة تعتمد ولا شك على جملة الخبرات المتراكمة على مدى سنوات عديدة من اختيار لسلالات المحاصيل الملائمة والأنواع المناخية لكل اقليم، ودرجة بين كل من النبات وبيئته الطبيعية في تناسق مثالي بقدر الامكان. ولقد ظل هذا التكيف قائماً بصورة مرضية جداً مع التغيرات المناخية ذات المدى المحدود نسبياً والتي حدثت عبر التاريخ القديم. ولكن مع التغيرات الكبيرة المتوقعة في العلاقات

المناخية داخل الاقاليم تلك التي ربما تحدث نتيجة لتزايد كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي في حدود الضعف أو ربما أربعة أضعاف، سيتطلب الأمر بالاحتم زيادة القدرة التكيفية لمسلالات المحاصيل التي تنمو في الوقت الحاضر.

ويمكن من خلال الدراسات المناخية القديمة أن نتصور مدى التغيرات الاقليمية المتوقعة في العلاقات بين الحرارة - التساقط التي يمكن أن تحدث ولو بمعدل انحراف بسيط عن متوسط درجة الحرارة العالمية، ففي اثناء ما يسمى بالمناخ المثالي على سبيل المثال، والذي استمر قرابة عدة آلاف من السنين مضت، وعندما كان متوسط درجة الحرارة العالمية ربما أعلى بمقدار درجة مئوية ونصف عن الوقت الحاضر كان التساقط فوق جنوب أوروبا وشمال أفريقيا وجنوب الهند وشرق الصين أكثر مما هو قائم في الوقت الحاضر، بينما كان المناخ أجف نسبياً فوق مساحات كبيرة من الولايات المتحدة وكندا واسكتلندا.

ومع هذا فإننا لا نتوقع بكل بساطة أن تكون الزيادة الكبيرة في ثاني أكسيد الكربون، نسخة طبق الأصل للتغيرات المناخية الماضية، إذ ستختلف آثار ثاني أكسيد الكربون المضاف على سبيل المثال على المستوى الفصلي وعلى المستوى المكاني بالنسبة لدوائر العرض بعكس الآثار التي تنجم عن التغير العالمي في درجة الاشعاع الشمسي الداخل.

ولما كان كل من بخار الماء وثاني أكسيد الكربون يمتص الطاقة تحت الحمراء ويعيداً اشعاعها مرة ثانية فإن تأثير ثاني أكسيد الكربون المضاف سيكون أكثر أهمية نسبياً في المناطق ذات الهواء الجاف في العروض العليا، وفي طبقة التروبوسفير العليا وطبقة الاستراتوسفير العليا عن المناطق ذات الهواء الرطب في المناطق المدارية. وبالمثل نظراً لأن الرطوبة النسبية في فصل الشتاء تقل عن فصل الصيف، فإن تأثير ثاني أكسيد الكربون المضاف سيكون أكثر خطورة في شهور الشتاء عنه في شهور الصيف.

وتقترح الدراسات الخاصة بالاكسجين والنسب المناظرة لثاني أكسيد الكربون في أعماق البحار، أن ارتفاع درجة حرارة المناخ ربما ترجع الى الزيادة المؤقتة في نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي نتيجة للتغيرات في دورة المحيطات التي تعقب انصهار القلتسوات الجليدية. ولو أمكن اثبات صحة هذه الفرضية فإن دراسات عن المناخ في العصور القديمة للكشف عن الاختلافات الفصلية في العلاقة بين الحرارة والتساقط أثناء فترة المناخ المثالية سوف تعدنا بدرية ذات أهمية كبيرة عن الآثار المستقبلية لتزايد كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

إجراءات مكافحة الاحتباس الحراري (الاحتباس العالمي)

يمكن أن نتصور نوعين من الإجراءات المضادة لمواجهة التغيرات المناخية المتوقعة نتيجة لثاني أكسيد الكربون المضاف هي: إجراءات تخفض بالتقليل من التغيرات المناخية المتوقعة نفسها، وإجراءات تخفض بتقليل آثارها على حياة الإنسان. فيما يختص بالفئة الأولى من الإجراءات فإنه من الممكن أن نتصور الوسائل التي يمكن أن تعيد التوازن الإشعاعي الأرضي والذي يفقد توازنه نتيجة إضافة المزيد من ثاني أكسيد الكربون، أو وسائل التخلص من ثاني أكسيد الكربون المضاف في الهواء. أما فيما يختص بالفئة الثانية فهي تهتم أساساً بالوسائل الكفيلة بزيادة نشاط ومرونة أنماط مصادر الغذاء العالمي. وسوف نبدأ بمناقشة هذه النقطة الأخيرة لأنها لا تتضمن مشكلات كثيرة، وتقع إلى حد كبير في حدود إمكانيات التكنولوجيا الحالية.

تحسين أنماط مصادر الغذاء

تحدد الأقاليم الجافة وشبه الجافة من وجهة النظر الزراعية بأنها الأقاليم التي نقل فيها المياه بدرجة لا تسمح بإنتاج المحاصيل ويصبح الري الاصطناعي الوسيلة التقليدية ويظل أكثر الوسائل العلمية علاجاً لهذه الظاهرة. وتتم هذه العملية بنقل المياه من الأقاليم الجبلية والتالية أو المناطق الرطبة حيث تزيد فيها كمية المياه عن حاجة الزراعة إلى المناطق الجافة وشبه الجافة التي تكون في أمس الحاجة إليها. ولما كانت موازئ المياه غالباً ما تنذبذب على نطاق واسع من فصل إلى فصل ومن سنة لأخرى، فإن المياه عادة ما تخزن أثناء الفترات الرطبة في مجموعة من الخزانات السطحية أو الخزانات الأرضية (تحت السطح) لتستخدم أثناء الفترات الجافة حيث يصبح الري ضرورة حتمية.

ويعد ضمان استقرار موارد مياه الري من خلال تخزينها وتوفير الكمية المطلوبة من خلال نقلها من مصادرها بمثابة القواعد الأساسية لزراعة أكثر تحديثاً وأعلى عائداً وبصفة خاصة في المناطق شبه الجافة في العروض شبه المدارية. ولكي تستمر الفائدة من توفير مياه الري، فإن تطوير نظام الري يجب أن يصاحبه تقريباً تطور متوازن فيما يختص بالتسهيلات في عملية الصرف وليس ثمة شك أن مثل هذا التطوير الذي يجمع بين كل من وسائل الري والصرف معا يتطلب بالضرورة استثمارات مالية ضخمة في حدود تتراوح بين ٥٠٠ إلى ١٠٠٠ دولار لكل هكتار (الهكتار ٠,٠١ كيلومتر مربع = ٢,٤٧١ فدان)، فإذا أخذنا الهند على سبيل المثال، فقد قدرت تكاليف التطوير الكامل لنظام الري بما يخدم حوالي ٥٠ مليون هكتار من الأراضي القابلة

لدى بنحو ٥٠ ألف مليون دولار. ويمكن أن يؤدي هذا التطوير الى زيادة سنوية في انتاج المحاصيل تتقدر كمياتها بمئات الملايين من اطنان الحبوب الغذائية وتتراوح قيمتها بين ٣٠ - ٤٠ ألف مليون دولار.

ومما له أهمية خاصة بالنسبة للأقاليم الجافة وشبه الجافة هو كيف تقاوم الآثار المصاحبة للزيادة المحتملة في طول فترة التذبذب المناخى قصيرة المدى ولتحقيق هذا الهدف فنحن في حاجة الى خزانات كبيرة سواء ما كان منها فوق السطح أمام السدود، أو تحت السطح فيما يسمى بالخزانات الأرضية. وعادة ما يفضل في هذه المناطق التخزين الأرضي (التحتي) طالما كان هذا ممكناً.

كما اننا في حاجة بدرجة متوازنة مع حجم المشكلة الى اجراء بحث دقيق وتخطيط واستثمارات مالية لتطوير وسائل صيانة المياه. وتقدر على ضوء الطرق الحالية المستخدمة في ادارة مياه الحقول في الدول النامية أن حوالى ثلث موارد مياه الري فقط هي التي تستخدم بكفاءة. ولهذا نستطيع أن نحقق من خلال تحسين طرق ادارة المياه وفي معظم الحالات بإدخال طرق ري جديدة وفراً كبيراً في مياه الري. كما يعد ادخال محاصيل مقتصدة للمياه أكثر فائدة في معظم هذه المناطق: نذكر من هذه المحاصيل على سبيل المثال تلك التي تنمر أثناء الفصل الذي تقل فيه درجة التبرخ - النتج الى الحد الأدنى، وكذلك ادخال سلالات المحاصيل التي تنمو في أقصر فصل نمو ممكن. وعلى أية حال يكون استخدام سلالات المحاصيل ذات العائد المرتفع أحسن وسيلة لتوفير المياه. إذ لا نكاد نحس بحاجة لمزيد من المياه لري سلالات القمح أو الذرة التي تعطى عائداً يتراوح بين ٣-٤ أطنان بالقياس مع تلك السلالات التي تعطى عائداً أقل من طن واحد.

كما يمكن أن نقلل كثيراً من أخطار التذبذبات المناخية قصيرة المدى على موارد الغذاء على المستوى العالمي والاقليمي بصيانة وتوفير احتياطات الغذاء. ويقدر مثل هذا الاحتياطي، على المدى العالمي، وفي ظل النظام المناخى الحالي، بنحو ٥٠ ٪ من متوسط الانتاج العالمي. وقد بنى هذا التقدير على أساس أن الزيادة أو النقص في انتاج الحبوب الغذائية على مدى فترات لسنوات عديدة وعلى ضوء الطلب العالمي قد بلغ حوالى ٥ ٪ من متوسط المحصول السنوى. يستهدف هذا الاحتياطي الغذائى بهذه الكمية اساساً تثبيت اسعار المواد الغذائية الاساسية لكل من الفلاح والمستهلك.

ولما كان الغذاء من المتطلبات الاساسية للحياة البشرية، فإن الطلب عليه لا ينصف بالمرونة اذا ما ربطناه بالاسعار، وهذا يعنى أنه لا يمكن أن نزيد موارد الغذاء

بسرعة كاستجابة تلقائية لارتفاع الاسعار. اذ تظهر الخبرة أن أسعار الغذاء ربما ترتفع أو تنخفض بمعدل قد يبلغ عدة مئات في المائة اذا ما تناقص الانتاج أو تزايد عن الطلب ولو بنسب قليلة.

وسائل مقاومة التغير في التوازن الاشعاعي

تعد زيادة الالبيدو أو درجة الانعكاسية للأرض إحدى الوسائل التي يمكن أن تقاوم بها الآثار المناخية عن اضافة المزيد من ثاني أكسيد الكربون في الهواء وبالتالي نقل من كمية الاشعاع الشمسى الداخل. ولكن يبدو أنه ليس هناك في الوقت الحاضر وسائل مباحة معقولة وموثوق بها تمكننا من تحقيق مثل هذه الزيادة.

ومن الوسائل الممكنة لزيادة الالبيدو لمواجهة هذه الزيادة المضافة في ثاني أكسيد الكربون ربما يكون بنثر ذرات صغيرة عاكسة فوق مساحات كبيرة من أسطح البحار والمحيطات، وحتى نقلل من التكاليف ونحقق زيادة مفعول مثل هذا الاجراء، فإنه يتطلب أن تكون كثافة هذه الذرات قريبة من كثافة مياه البحر وأن تكون لديها القدرة من الناحية الكيميائية على البقاء لفترات تمتد لعدة شهور. ومن المواد التي اقترحت لتحقيق هذا الاجراء صفائح رقيقة جدا من اللدائن. ويقدر أنه لو كان سمك هذه الصفائح يبلغ ٠.٠١ ملليمتر فإن تغطية كل كيلو متر مربع تحتاج إلى ١٠ طن أو حوالي ٥٠ مليون طن لمساحة تبلغ ٥ مليون كيلو متراً مربعاً، أى حوالي ١٪ فقط من مجزوء مساحة سطح كوكب الأرض. وإذا كان انتاج كل طن يتكلف ١٠٠ دولار فإن جملة التكلفة لهذه المساحة السابقة ستصل إلى حوالي ٥ آلاف مليون دولار كل سنة - أى حوالي ٠.٢٪ من جملة الاتفاق العالمى الذى سيتم خلال القرن الحالى (القرن الحادى والعشرين). ولكن مثل هذا المشروع قد تنجم عنه بعض المثالب التى ربما لا نستطيع أن نتغلب عليها. اذ قد تتجمع المواد المنثورة فى نهاية الأمر على طول خطوط السواحل العالمية محدثة نتائج بيئية غير مقبولة، بل وربما يكون أثرها على مضاييد الاسماك قاسياً وضاراً بشدة.

وتتمثل بعض الاجراءات المضادة والتي تختلف تماماً عما سبقها فى خزن ثانى أكسيد الكربون المضاف فى الغلاف الحوى الأرضى. ويقدر حجم الكربون العضوى فى الغلاف الحيوى الحالى بأربعة أمثال حجمه فى الغلاف الجوى. وربما يكون ربع هذا الحجم فى جذور وجذوع وأغصان وأوراق الاشجار الحية، بينما يتركز الباقي فى دبال التربة أو فى المواد العضوية الميتة فى البحيرات والمستنقعات والأراضى الرطبة.

فالفابات - كأحد مخازن ثاني أكسيد الكربون - تغطي الآن حوالي ٥٠ مليون كيلو متراً مربعاً أى حوالي ثلث مساحة سطح اليابس. ويقدر أنه لو أمكن مضاعفة هذه المساحة أو مضاعفة كثافة الأشجار الحية فى المساحة الحالية، فأنها تستطيع تخزين حوالي ٧٠٠ ألف مليون طن من الكربون - أى حوالي $\frac{1}{3}$ الكربون الموجود فى الوقود الحفرى، ولكنه يتراوح ما بين $\frac{1}{3}$ الى $\frac{1}{4}$ الكربون الذى ربما يضاف الى الغلاف الجوى نتيجة لاحتراق الوقود الحفرى. وإذا كان لمثل هذه الزيادة فى كمية الفابات أثر هام فى تعديل المناخ إلا أنه من الصعب جداً انجازها على مدى مئات السنين وهو الفدى الزمنى الذى نأخذه فى الحسبان. اذا سيصبح مطلوبا احداث تغيرات اساسية فى طرق استخدام الأرض وكذلك فى التنظيمات السياسية والاجتماعية فى العالم اذ على ضوء استمرار معدلات النمو السكاني الحالية وانتاجيتهم الاقتصادية واستمرار الحاجة لمزيد من الغذاء والوقود والاخشاب، فأن الاتجاهات الحالية فى استخدام الأرض تسير بالضبط فى خط معاكس تماما بما يكفى من حدة المشكلة طالما أن الفابات لا تزال تقطع للوقود وصناعة الخشب وتطهر الأراضي من غطائها النباتى من أجل الزراعة.

وإذا كان من الممكن زيادة حجم المواد الحية (الأشجار) فى الفابات فإنه على ضوء التكنولوجيا المتاحة فى الوقت الحاضر، تصعب زيادة دويل الثرية والمواد العضوية الميئة الأخرى. ويقترح فى هذا المجال لو أنه أمكن زراعة الأشجار فى مزارع واسعة مستخدمين فى ذلك وسائل الري والتسميد وإذا أمكن صيانتها ضد التعفن، فأننا يمكن أن نتخلص من كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون التى تطلق فى الغلاف الجوى نتيجة لاحتراق الوقود الحفرى. ولكن يبدو واضحاً أنه لو تمت زراعة كميات كبيرة من المواد العضوية وتم جمعها فأنها تخلق احساساً كبيراً بضرورة استخدامها كمصدر طاقة بديل للوقود الحفرى. ولو حدث هذا فأن دورة ثاني أكسيد الكربون سيعاد تنظيمها بسهولة بين الغلاف الجوى والغلاف الحيوى. ولصافى الاضافة فى ثاني أكسيد الكربون الى الغلاف الجوى نتيجة لاحتراق الوقود الحفرى على الأقل بما يعادل كمية الطاقة النباتية التى حلت محل الفحم والبترول والغاز الطبيعي.

ومن هنا يتبين أن أى محاولة لتقليل أثر اضافة ثاني أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى على امناخ ستكون صعبة جداً خاصة وأن مثل هذا الجهد سيتطلب بالضرورة الاستمرار على مدى الالف سنة القادمة، وقد لا يكون لمثل هذا الجهد نتائج مقبولة. ومن ناجية اخرى اذا كان تقليل الآثار المناخية على الشؤون البشرية أمراً ممكناً

ومرغوباً فيه من وجهات نظر أخرى غير التغير المناخى فأن مثل هذا الأمر يحتاج الى جهد كبير من التخطيط والبحث والاستثمار على النطاق العالمى وبصورة لم يسبق لها مثيل .

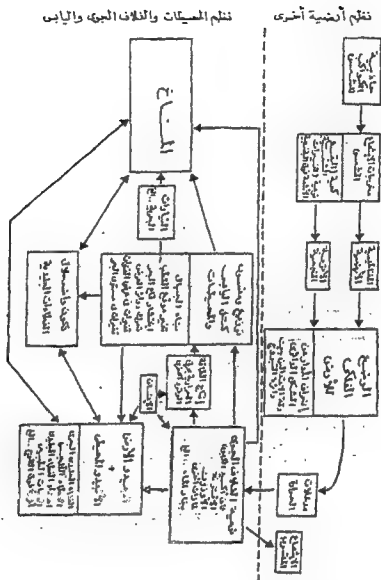
ومن هنا تبرز أهمية زيادة الاعتماد على المصادر المتجددة، التى بصاحبها عادة تقليل حمولة ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى، كبديل أكثر فاعلية ضمن مجموعة الاجراءات المضادة .

ويتنبأ تقرير الاكاديمية القومية للعلوم فى الولايات المتحدة الأمريكية بأنه لو استمر العالم فى الاعتماد على الوقود الحفرى لسد احتياجاته من الطاقة على مدى القرنين القادمين فأن قمة لتركز ثانى أكسيد الكربون بمعدل يتراوح بين ٤ إلى ٨ أمثال المستوى الذى كان قائماً قبل الانقلاب الصناعى سوف تحدث فى الفترة ما بين ٢١٥٠ - ٢٢٠٠ م. وتتنبأ النماذج المناخية الخاصة بالدورة العامة للغلاف الجوى بأن كل مصانع فى كمية ثانى أكسيد الكربون ستؤدى إلى ارتفاع متوسط درجة حرارة الغلاف الجوى بما يتراوح بين ٢، ٣ م. ولهذا يتوقع حدوث زيادة فى متوسط درجة حرارة الغلاف الجوى فى حدود ٦ م اذا ما أثبتت النماذج المتاحة دقتها .

أن تورط البشرية فى رفع درجة الحرارة عند منسوب سطح البحر وفى مصادد الأسماك وفى المناطق الزراعية والمناطق الصحراوية سوف تكون - فى حالة صحة ما ينبثق - من الخطورة بما سيجعل الانسان مضطراً الى نبذ استعمال الوقود الحفرى والتوسع فى استعمال مصادر وقود أخرى مثل المصادر المتجددة . وتتبلور التوصية الرئيسية للعمل فى هذه المرحلة على تنظيم برنامج بحث شامل وعلى نطاق العالم ليسهم فى وضع الحلول العملية للمشكلات الصعبة التى لم يتأكد حلها بعد والتى لا تزال تخلص بالمناخ ودورة الكربون والتغيرات المستقبلية للسكان وموارد الغذاء العالمية .

ثانياً: ظاهرة التغيرات المناخية

لقد اثير فى الآونة الأخيرة جدل كبير حول أسباب التغيرات المناخية التى تمثل أساس التغيرات البيئية مثل تلك الخاصة بتغير مستوى سطح البحر وما يتبعها من آثار ونتائج ضارة بالحياة البشرية . وتهدف الدراسة فى هذا الجزء إلى تلخيص بعض الآراء والفروض الرئيسية التى طرحت من قبل لتأكيد تباين وتنوع العوامل المسؤولة والمسببة للتغيرات المناخية، كما ترمى إلى بيان الشكوك التى مازالت تحوم حول هذه الآراء والفروض التى تفسر هذه التغيرات. هذا بالإضافة إلى إلقاء الضوء على مفعول هذه التغيرات وأهم النتائج البيئية الناجمة عنها.



فمنهم المحيطات والفلأف العوى واليابس

(شكل رقم، ١٠٠)، رسم توضيحي لبعض العوامل التي قد تؤدي إلى التغير الـ ١٠٠
ويوضح الشكل (رقم ١ - ١٠) مجموع العوامل التي يمكن الاعتماد عليها في آية
محاولة لتفسير التغيرات المناخية. ويبدأ هذا الشكل الانسيابي بالحالات التي تكون فيها
طاقة الإشعاع الشمسي التي يكتسبها أو يعكسها الغلاف الجوي للأرض متذبذبة وغير
مستقرة. ولأسباب منها اختلاف شوى الجنب التي تمارسها مجموعة الكواكب على
الشمس قد تؤدي تغير نوعية ومقدار الإشعاع الشمسي المرتد، كما يتأثر وصول هذا
الإشعاع إلى الغلاف الجوي للأرض بوضع وموقع الأرض النسبي (أي دوران الأرض

حول الشمس وميل محور الأرض) وعوامل أخرى مثل نقاء الجو وصفائه (أى من حيث وجود أو عدم وجود الغبار والأتربة المنتشرة فى الفضاء ما بين النجوم) ، وبمجرد أن يصل الاشعاع الشمسى الوارد إلى الغلاف الجوى فإن مروره (أو مساره) إلى سطح الأرض تتحكم فيه الغازات والرطوبة الجوية والجزئيات الدقيقة العالقة بالجو سواء كانت من نتاج الطبيعة أو متخلفة عن نشاط الانسان. وعلى سطح الأرض فإن الاشعاع الوارد إليه يمتص أو ينعكس إلى الجو مرة أخرى تبعاً لطبيعة السطح (ظاهرة الالبيدو) ، كما أن تأثير الاشعاع الشمسى على المناخ يتوقف على توزيع ارتفاع اليابس والماء، وكلاهما معرض أيضاً للتغير بطرق شتى - فالمناطق القارية تتحرك إلى أو من المناطق التى قد تتجمع فيها الغطاءات الجليدية، وقد ترتفع أو تنخفض النطاقات الجبلية فتؤثر على نطاقات حركة الهواء (الرياح) العامة والدائمة والمناخات المحلية، كما أن نسق التيارات المحيطية ذات التأثير المناخى الكبير قد يتحكم فيه عمق واتساع البحار والمحيطات والقنوات المائية. والوضع إذن فى غاية التعقيد كما يبدو من الشكل الانسيابى (شكل رقم: ١-١٠) نتيجة وجود العديد من حلقات التغذية الاسترجاعية التغذية أو الارتدادية المتباعدة خلال أنساق: المحيط - الغلاف الجوى - يابس الأرض وفيما بينها جميعاً.

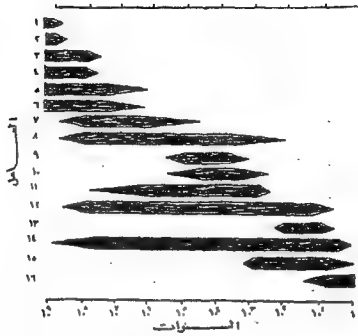
ويجدر الإشارة هنا إلى أن العوامل المسببة والباعثة للتغيرات المناخية تعمل على مدى زمنى واسع ذو مقاييس زمنية متباينة إلى حد أنه يمكن أن تكون بعض هذه العوامل أكثر ملائمة من عوامل أخرى عند تفسير تغير المناخ فى فترات زمنية معينة. ويوضح الشكل رقم (٢-١٠) محاولة اظهار ذلك بيانياً.

نظريات تفسير التغيرات المناخية

طُرحت بعض الآراء والفروض أو النظريات لتأكيد العوامل المسبولة والمسببة للتغيرات المناخية. وسوف نناقش على الصفحات التالية كل نظرية منها بشئ من التفصيل.

أولاً: نظريات الاشعاع الشمسى

بالنظر مرة أخرى إلى الشكل الانسيابى (شكل رقم: ١-١٠) يتضح أن التغيرات فى الاشعاع المرتد قدل تؤدي إلى تغيرات جوهرية فيما يصل سطح الأرض واكتسابه من اشعاع شمسى. وبطبيعة الحال فإنه من المسلم به أن الاشعاع الشمسى المكتسب يتغير فى كميته - نتيجة ارتباطه وتلازمه بظاهرة البقع الشمسية مثلاً - كما يتغير فى نوعيته من خلال التغيرات فى مدى الأشعة فوق البنفسجية اللطيف الشمسى.



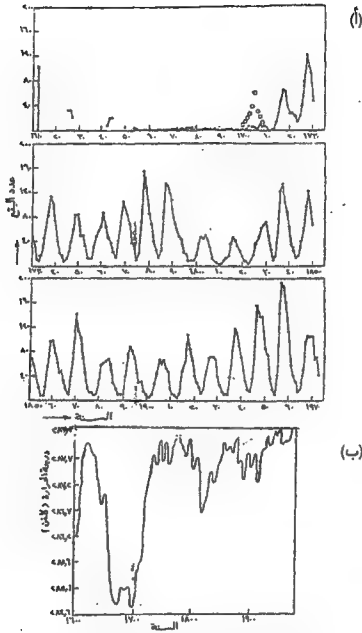
(شكل رقم ٢، ١٠٠٠) : العوامل المحتملة لتأثيرها

على تغير المناخ ومدى المقياس الزمني المتوقع للتغير

وقد اتفق كثير من الباحثين على دورات قصيرة الفترة لنشاط وفاعليه الاشعاع برز منها بصفة خاصة دورات قد تكون كل ١١ أو ١٢ سنة. كما اقترحت دورات لحدوث البقع الشمسية تتراوح أطوال فتراتها من ٨٠ أو ٩٠ سنة. وقد لاحظ بعض الباحثين أن هناك ارتباطاً بين نشاط البقع الشمسية وكمية الأمطار ومستوى البحيرات في شرق أفريقيا، ورغم هذا ففي بعض الأحيان ينفك هذا الارتباط ويتوقف تأثيره فجأة بينما لا يكون للارتباطات الأخرى أية دلالة احصائية. وعلى الرغم من ذلك فقد ظهر أن لبعض الارتباطات الأكثر دلالة قيمة استدلالية استنتاجية في التنبؤ. فعلى سبيل المثال قام سترونجلو سنة ١٩٧٤ (Strongfellow, 1974) بتوقيع المتوسط المتحرك لكل خمس سنوات لحدوث عواصف البرق في بريطانيا مقابل المتوسط السنوي لعدد البقع الشمسية فيما بين ١٩٣٠، ١٩٧٣ فوجد أن هناك ارتباطاً طردياً

قدره + ٠.٨٠ وبناء على ذلك فقد توصل إلى أن الدورة تبلغ فترتها ١١ عاماً للتغيرات الدورية بين هاتين الظاهرتين مع تناقص عواصف البرق إلى أدنى عدد لها حول سنة ١٩٧٣. كما وجد أن عواصف البرق تعد أحد الاسباب الطبيعية الرئيسية في فشل انتقال الطاقة الكهربائية في المملكة المتحدة. ومثل هذه العلاقة قد تساعد المؤسسات الكهربائية أو الجهات المسؤولة عن تخطيط خدمات الصيانة اللازمة. وعلى مستوى أقل أهمية وخطورة فقد وجد أن هناك ارتباطاً جيداً بين نشاط البقع الشمسية ونتائج ومنجزات المباريات الرياضية. قد توصلت كنج (King, 1973) إلى أن البيانات التي يحتويها كتاب Wisden يمكن الاستفادة بها في توضيح أنه من بين ٢٨ مباراة للكريكت في إنجلترا سجل فيها اللعيون ٣٠٠٠ شوطاً في أحد المواسم، كان هناك ١٦ مباراة في سنوات تميزت بنشاط للبقع الشمسية وصل إلى ذروته أو إلى حضيضه خلالها، وفي الخمس سنوات التي حدثت فيها هذه الظاهرة النادرة أكثر من مرة كانت سنوات تميزت بأرج أو بأدنى نشاط للبقع الشمسية. وبالمثل فإنه من بين ١٥ مباراة كانت هناك ١٣ مباراة استطاع ضارب الكرة أن يسجل ١٣ مجموعة كل منها يتألف من ١٠٠ ضربة أو أكثر في أحد المواسم الذي امتدت فترته لمدة سنة أو كان خلال سنة تميزت بأرج أو بأدنى نشاط للبقع الشمسية. وبناء عليه نجد أن مباريات الكريكت المتميزة قد حدثت في فترات نادرة أو شاذة من الطقس لا تحدث إلا إذا كانت دورة نشاط للبقع الشمسية في حالتها القصوى أو الدنيا.

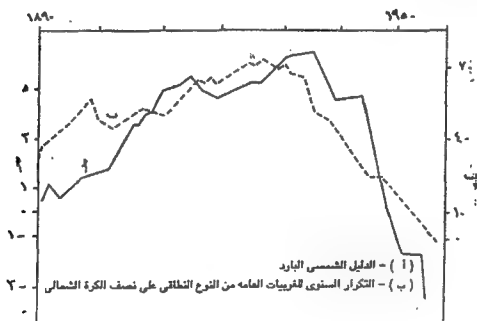
وبالرغم من تعرض دور التغيرات في النشاط الشمسي لكثير من البحث والتدقيق كما أنها هوجمت كثيراً خاصة فيما يتعلق بدورات هذه التغيرات. فقد وجد، ارتباطات قوية ملفنة للنظر بين تغيرات النشاط الشمس وبعض الخصائص الرئيسية للدورة الهوائية العامة. ويوضح الشكل (رقم: ٣-١٠) على سبيل المثال تشابهاً واضحاً في الاتجاه العام لمعامل بور Baur الشمسي (شكل رقم: ٤ - ١٠) والتكرار السنوي لنوع طقس أقاليم الرياح الغربية في نصف الأرض الشمالي، إذ يلاحظ زيادة عامة في كل من العاملين من أواخر القرن التاسع عشر (من عام ١٨٩٠) حتى الثلاثينيات من القرن العشرين الماضيين، ثم يليه انخفاض أو نقص سريع فيهما في سنوات العقد السادس من القرن العشرين المنصرم. ويشير هذا إلى أن بعضاً من التغيرات المناخية في القرن العشرين الماضي يمكن أن نعزو إلى تغير أو مردود الطاقة الشمسية كما قد تكون هناك عوامل أخرى لها أهميتها في حدوث التغير المناخي الحالي.



(شكل رقم ٢- ١٠) المتوسط السنوي لعدد البقع الشمسية منذ عام ١٦٠٠ وحتى عام ١٩٧٢
(أ) ومنحنى درجة الحرارة للأرض خلال الفترة السابقة (ب)

وعلى مقياس زمنى طويل يكون من الصعوبة بمكان القول أن ناتج الشمس من الاشعاع قد تغير بما فيه الكفاية حتى يكون له تأثير على مناخ الأرض وذلك للنقص الأدلة الجوهرية لتفسير ذلك، ومع ذلك فإن هذا افتراض محتمل وله ما يؤيده، وبعض الأدلة التى تؤيده تأتى من دراسات عن التذبذب فى تركيز عنصر الكربون 14

(C14) الجوى والذي يعتمد بدوره جزئيا على التغير فى انبعاث الاشعاع الشمسى حيث يقيين أن مستويات عنصر كربون ١٤ قد تذبذبت خلال عهد الهولوسين. وقد حاول دنتون وكارلين عام ١٩٧٣ (Denton and Karlen, 1973) أن يبرهنوا على أن الفترات التى يزداد فيها نشاط كربون ١٤ تتعاصر مع فترات الانكماش الجليدى. وبالمثل أقترح براى عام ١٩٧٠ (Bray, 1970) أن جليد الهولوسين أظهر نزعة إلى تكرار حدوث فترات نظامية أو دورات مدة كل منها ٢٦٠٠ سنة. وأن تواليا عدديا يبدأ بإثنين وعشرين سنة (دورة بقعة شمسية كاملة) وأول دور من أربعة تكون نتاج أو توالى ٨٨٤٤٠ ، ٢٦٤٠ سنة. هذا إلى جانب أن البعض الآخر من الباحثين استخدم التحليل الطيفى لعينات من اللب (القلب) الجليدى من منطقة Camp Century فى جرينلند، تبين منها وجود دورات طويلة منتظمة تشابه فتراتها تماما تلك التى أشار إليها براى ٧٨ ، ١٨١ ، ٤٠٠ ، ٢٤٠٠ سنة ويعود وجودها أيضا إلى تغير النشاط الشمسى.



(شكل رقم ١٠٠٤) منحنيات يور. Baur الشمسية

ولازال الغموض يخيم على الأسباب التى تؤدى إلى التغير فى النشاط الشمسى بسبب عدم الفهم الكامل لتلك الأسباب. ولكن هناك احتمال أن يكون سبب التغير فى الاشعاع الشمسى الذى يصل إلى سطح الأرض هو وجود سحب من الذرات الدقيقة فيما بين النجوم (سحب سديمية Nebulae) والتى قد تمر الأرض من خلالها من وقت

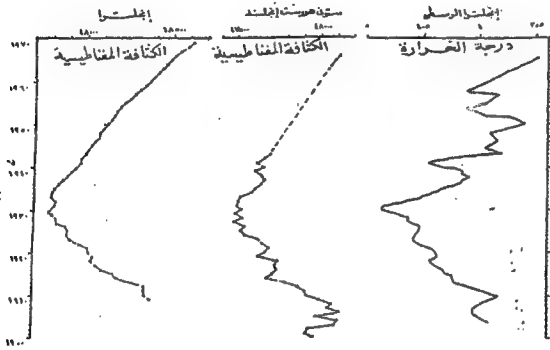
لآخر أو قد توجد فيما بين الأرض والشمس تدخل فيها الأرض أثناء حركتها حول الشمس . ويكون من نتيجة ذلك تناقص مقدار الاشعاع الشمسى الذى يصل إلى سطح الأرض . وبالمثل فإن مرور المجموعة الشمسية خلال ممر ترابى على هامش ذراع لولبى من مجرة طريق التبانة (الطريق اللبنى) قد يسبب تغيرا مؤقتا فى الاشعاع المنبعث من الشمس مما يؤدى إلى حدوث فترة جليدية على سطح الأرض .

وهناك سبب آخر يفسر التغير فى الاشعاع الشمسى اقترحه أوليك عام ١٩٥٨ (Opik, 1958) ، وإن كان لا يمكن أن يؤيد أو نرفض هذا السبب فى الوقت الراهن ، ويقترح الدورة النظرية الآتية للنشاط الاشعاعى الشمسى: تبدأ هذه الدورة بوجود وضع عادى لنوع النشاط المسئول عن المناخات الدفيلة نسبياً على سطح الأرض . ويمرور الوقت فإن المواد المعدنية التى تنشر الحرارة ببطءٍ تتخلف فى الجو كنتيجة لانتشار الهيدروجين من الوشاح الشمسى إلى نواتها . وتتراكم هذه المواد المعدنية لتكوين حاجزا يمنع الاشعاع من النواة ويحافظ على استمرار حالة من الثبات والاستقرار وما لذلك من أثر على تقلص الشمس وانكماش نشاطها . ومع ذلك ، فعندما يسخن حاجز المواد المعدنية ويصبح اشعاعى النشاط تولد تيارات الحمل وتتصخم نواة الشمس ، ويعمل هذا كله على زيادة كمية الهيدروجين التى تزيد بدورها إنتاج الطاقة وإنتاج الحرارة بشكل لا يمكن نقله على نحو كاف أو ملائم إلى السطح . ولهذا يتمدد جسم الشمس . ومع تمدد الشمس وأثناء التزايد تستهلك الطاقة ومن ثم تتناقص الحرارة والضوء المنبعثين من الشمس كما يقل بالتالى الاشعاع مما يؤدى إلى زيادة البرودة على الأرض . ومع ذلك فإن تمدد جسم الشمس يعمل من جهة أخرى على انخفاض درجة حرارة النواة ونقص كمية الطاقة الناجمة عنها ومن ثم تنكمش النواة ، وفى آخر الأمر تعود الشمس إلى سيرتها الأولى ووضعاها العادى فتبعث بدقلها النسبى ورفع درجة الحرارة نسبياً على سطح الأرض .

ثانياً، التغير المناخى والاختلاف فى المغناطيسية الأرضية

بدأت فى العقود الأخيرة دراسات عديدة تبحث فى العلاقة بين التغيرات فى قوة أو شدة المجال المغناطيسى الأرضى والتغيرات المناخية . وعلى الرغم من أن هذه الدراسات مازالت فى مراحلها المبكرة إلا أنها أثبتت وجود بعض العلاقات الوطيدة بين درجات الحرارة والقوة المغناطيسية التى أمكن التوصل إليها على مدى يتراوح بين ١٠ سنوات ، ١.٢ مليون سنة . فعلى سبيل المثال توصل وولين ورفقاؤه فى عامى ١٩٧١ و ١٩٧٣ (Wollin et. al., 1971, 1973) أنه خلال الفترة من ١٩٢٥ إلى ١٩٧٠ تناقصت القوة المغناطيسية فى أماكن رصدها وملاحظتها فى المكسيك وكندا والولايات

المتحدة الأمريكية، وفي نفس الوقت ارتفعت درجة الحرارة. وبالمثل، وجد عند مرصد شدة المغناطيسية في كل من جرينلاند واسكتلندا والسويد ومصر أن قوة المغناطيسية تزداد في المناطق التي تزداد برودة وانخفاضاً في درجة الحرارة، أي أن هناك ارتباطاً عكسياً شديداً بين التغيرات في قوة المجال المغناطيسي الأرضي وتغيرات المناخ (شكل رقم: ١٠-٥).



(شكل رقم: ١٠-٥)، منحنيات الكثافة المغناطيسية على أساس المتوسط السنوي مقارنة بالمتوسط المتحرك لكل عشر سنوات لدرجة حرارة الشتاء لوسط إنجلترا (١٩٠٠ - ١٩٧٠) وحتى الآن لا يوجد سبب أو برهان واضح يفسر مثل هذه العلاقة. ولكن من المحتمل أن تكون التغيرات في المجال المغناطيسي الأرضي استجابة للتغيرات في النشاط الشمسي، وإن كان كل من المناخ والمغناطيسية الأرضية يرتبطان معا باستجابتهما للأحداث الشمسية، كما يؤكد دولين ورفقاؤه. وإذا كان الحال كذلك فلا تكون المغناطيسية سببا بسيطاً وذات علاقة سببية مؤثرة على المناخ. وعلى الرغم من ذلك فإنه من المحتمل أن المغناطيسية قد تعدل المناخ لدرجة ما وفقاً لقدرة المجال المغناطيسي الأرضي التي توفر إلى حد ما درعاً واقياً ضد خلايا الإشعاع الشمسي. ومن هنا، وعلى هذا الأساس يمكن القول بأن العلاقة بين هاتين الظاهرتين، المغناطيسية الأرضية والمناخ، قد رسخ وجودها وإن كان سبب هذه العلاقة مازال غير واضح أو مفهوم حتى الآن - وربما سيظل كذلك لفترة طويلة قادمة !!.

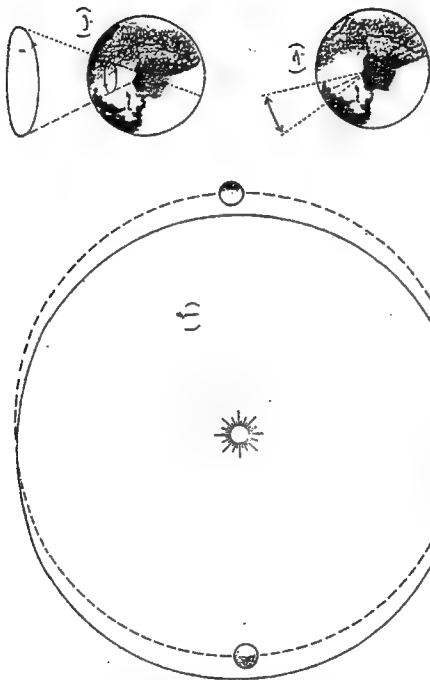
نظريات التغير المناخي وشكل (هندسة) الأرض

(١) فرضية كرويل - ميلانكوفيتش Croll-Milankovitch

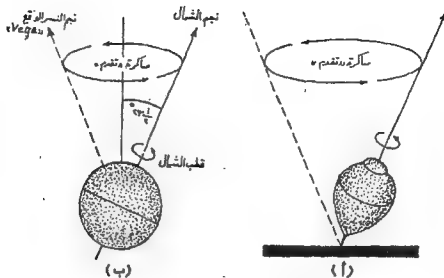
بالرجوع إلى الشكل رقم (١-١٠) نرى أنه من المنطقي أن نفترض أنه إذا كان موضع وشكل الأرض كأحد الكواكب وعلاقته بالشمس عرضة للتغير فكذلك يكون الاشعاع الشمسي الذي تستقبله الأرض عرضة للتغير. ومثل هذه التغيرات تحدث بالفعل، أحياناً، نتيجة ثلاثة عوامل فلكية رئيسية لها أهمية اعتبارية في هذا الشأن وتحدث بشكل دوري (شكل رقم: ٦-١٠) هي: التغيرات في المركز الهندسي لمدار الأرض (دورة كل ٩٦٠٠٠ سنة)، ومباكرة الاعتدالين أو تقدمهما (دورة كل ٢١٠٠٠ سنة)، والتغيرات في ميل دائرة البروج أو ميل الحركة الظاهرية للشمس (الزاوية المحصورة بين مستوى مدار الأرض ومستوى دوران خط الاستواء) والذي يتم في دورات كل ٤٠٠٠٠ سنة.

ومن المعروف أن مدار الأرض حول الشمس ليس دائرياً تماماً بل اهليلجي أي يتخذ شكلاً القطع الناقص الدوراني، فإذا كان المدار دائرياً تماماً لتساوى طول كل من فصلي الشتاء والصيف. وكلما زاد انحراف المدار عن المركز الهندسي له، كلما زاد الفارق بين طول كل من الشتاء والصيف. وعلى مدى ٩٦٠٠٠ سنة قد يستطيل مدار الأرض ليميل نحو الشكل البيضاوي ثم ما يلبث أن يعود إلى الشكل الدائري تماماً.

ونعني بمباكرة الاعتدالين أو تقدمهما أنها، ببساطة، تغير الوقت الذي يزداد فيه اقتراب الأرض من الشمس خلال السنة (أو ما يعرف بالحضيض أو نقطة الرأس Perihelion وهي أقرب نقطة في مدار الأرض إلى الشمس). والسبب في ذلك أن الأرض تدور حول محورها بصفة مستمرة كما أنها تترنح أثناء حركتها في مدارها وقد لوحظ - منذ زمن طويل - أن طرفي محورها ليس لهما اتجاه ثابت بل أن هذين الطرفين يترنحان في دوارنهما حول المركز في حركة حلقيّة دائرية صغيرة المجال. ويحدث الحضيض في الوقت الحالي في شهر يناير (٣ يناير تقريباً) ولكن في غضون ١٠٥٠٠ سنة قادمة سيقتدم وقت اقتراب الأرض من الشمس. أو الحضيض - ليقع في شهر يوليو.

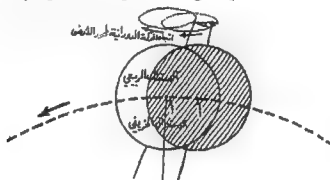


(شكل رقم ٦-١٠)، الأنواع الثلاثة من التذبذبات في شكل الأرض
كما أشارت إليه فرضية كروول وميلانكوفيتش



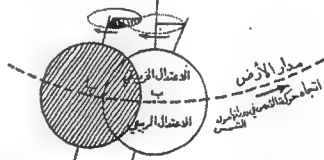
شكل (٩) مباكرة الاعتدالين - كما توضحها حركة الدوامة (أ) - والتي تؤدي إلى
تغير في موقع القطب الشمالي ، وأيضاً موقع نجم الشمال (ب)

من : ١٩٦٥ هـ



شكل (١٠) الشرح النظري لمباكرة الاعتدالين

من : ١٩٦٥ هـ



شكل رقم: ١٠-٧، مباكرة الاعتدالين كما توضحها حركة الدوامة والتي تؤدي إلى تغير
في موقع القطب الشمالي وموقع النجم القطبي الشمالي

وثالث الاضطرابات والتذبذبات الدورية، هو تغير ميل دائرة البروج أو تغير ميل حركة الشمس الظاهرية ويتضمن اختلاف ميل المحاور التي تدور الأرض حولها وتختلف قيمة الميل بين ٢١° ٣٩' و ٢٤° ٣٦' وتشبه هذه الحركة السفينة على سطح الماء. وكلما زاد الميل كلما اتضح الفارق بين الشتاء والصيف.

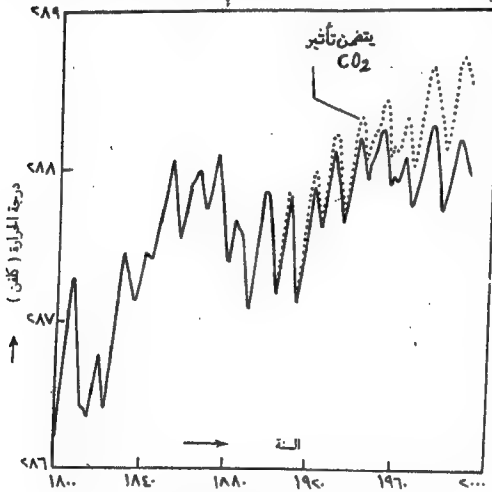
وترجع أهمية هذه التذبذبات أو العوامل الفلكية الثلاثة الى سنة ١٨٤٢ عندما اقترح أوهمار J. F. Ashemar أن المناخ قد يتأثر بهم. وقد طور كل من Croll في الستينيات من القرن التاسع عشر وميلانكو فيتش Milankovich في العشرينات من القرن العشرين هذه الآراء (Beckinsale & Michtell, 1965) وتكمن جاذبية هذه الأفكار الى أن تغير درجة الحرارة الناتج قد يكون ١° أو ٢° مئوية ويبدو أن فترات هذه التذبذبات تماثل الى حد كبير فترات تقدم الجليد وتراجعها خلال البليستوسين. وقد أوضحت طرق التأريخ بالنظائر أن سجل تغيرات مستوى سطح البحر كما هو واضح من دراسة مصاطب الشعاب المرجانية في أماكن مختلفة وسجل الارتفاع والانخفاض الحراري من العينات اللبية لقيعان البحار أنها تماثل الى حد كبير المنحنيات النظرية للاشعاع الشمسي لميلانكو فيتش Milankovitch. وهناك أدلة أكيدة على أن النظريات الفلكية تعد تفسيراً للتغيرات البيئية على مدى طويل. ومع ذلك فإن فرضية كرويل - ميلانكو فيتش Croll Milankovitch توضح مجموعة من الأحداث الدورية التي قد تكون أطول لتتناسب مع التذبذبات المناخية فيما بعد الجليد وأقل من أن تلقى الضوء على المسافات الفاصلة بين الفترات الجليدية الرئيسية. بالإضافة إلى ذلك فإن الفرضية تؤيد أن الجليد في العروض العليا كان نتيجة تباين الاشعاع الشمسي، في حين بالنسبة لحجم كتلة الجليد، فإن زهادة التساقط عن الحد الأدنى الحالي الذي يسقط في المناطق القطبية قد يكون أكثر أهمية، وأخيراً فإن اختلافات الاشعاع المحسوبة الناتجة عن هذه الافتراضية لا تتجاوز نسبة مئوية ضئيلة ولذلك فإنه إذا قلنا أن هذه العملية قد تكون قادرة على أحداث تغير فلابد من وجود عوامل أخرى تساعدها.

(٢) نظرية نقاء أو شفافية الغلاف الجوي

Atmospheric transparency Hypotheses

حتى لو افترضنا أن التغيرات فيما يصل من اشعاع شمسي إلى الأرض لم تكن على درجة كافية لتغير مناخ الأرض، فإن آثار الاشعاع الآتي من الشمس لابد وأن تغيرت بشكل ملحوظ نتيجة التغيرات في تركيب الغلاف الجوي للأرض، وقد يحدث هذا خلال التغيرات في مستوى ثاني أكسيد الكربون والأوزون والأثرية وما يحقوتية من ماء.

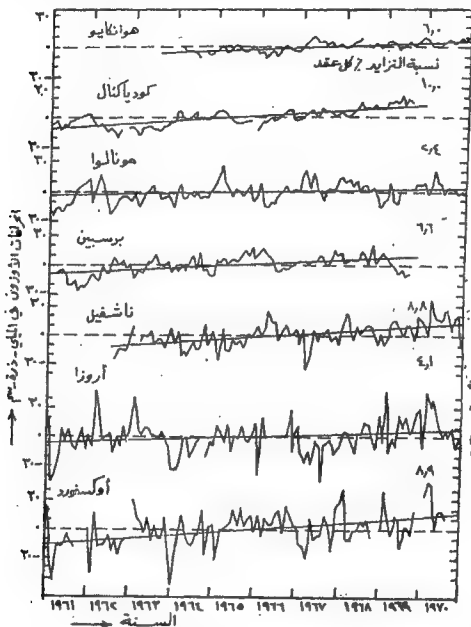
والنفكير في الدور المحتمل لثاني أكسيد الكربون يتأتى بالنظر الى نظرية بلاس Plass وبالأخذ في الحسبان دور الانسان كعامل من عوامل التغير المناخي في الآونة الأخيرة . ولا بد من الإشارة إلى أنه رغم أن ترجيح التغيرات الجوهرية جدا فيما يحتوية الغلاف الجوي من ثاني أكسيد الكربون موضع لبعض الشك لأن دورة الكربون الأرضي تحكمها الى حد كبير عملية امتصاص المحيطات للغاز، فالمحيطات تكون خزاناً ضخماً من مركبات الكربون . وعلاوة على ذلك ففي الوقت الحالي من الصعب أن نرى أى العوامل قد سببت تغيراً على درجة كافية في محتويات ثاني أكسيد الكربون في الماضي . ومع ذلك اذا تساوت باقى الأشياء فزيادة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي سيؤدى هذا الى امتصاص الموجات الطويلة للأشعاع الأرضي في النطاق من ١٣ الى ١٧ ميكرون مما يعمل على رفع درجة الحرارة (شكل رقم: ١٠-٨).



(شكل رقم: ١٠-٨) دور ثاني أكسيد الكربون في التأثير على التغيرات

في درجة حرارة كوكب الأرض

والأوزون الموجود في طبقة الاستراتوسفير العليا على ارتفاع يتراوح بين ٣٩، ٥٠ كيلو متر يكون مؤثراً في تصفية الأشعاع الشمسي الداخل (برأسطة امتصاص الموجات القصيرة) وقد يتأثر الأشعاع الصادر أو المرتد من الأرض بامتصاص الأشعة تحت الحمراء. والتغيرات في تركيز الأوزون قد تكون نتيجة للتغيرات في الانبعاث الشمسي وبشكل عام فأى زيادة تؤدي إلى زيادة درجة حرارة سطح الأرض (شكل رقم: ٩-١٠).



(شكل رقم: ٩-١٠): التذبذبات في كمية غاز الأوزون الكلية خلال عشر سنوات (١٩٦١ - ١٩٧٠) في عدة أماكن مختارة من العالم (لاحظ ميل الغاز نحو التزايد)

والثورانات البركانية قد تؤدي إلى برودة المناخ نتيجة تواجد غشاء أو ستار من الغبار Dust - veil في طبقة الاستراتوسفير السفلى. وأن كان الوقت هنا سيكون قصيراً ولذا فستكون أهميتها محدودة لتذبذبات مناخية ثانوية وصغيرة. ومع ذلك فالدراست الحديثة عن الثورانات البركانية ودرجة الحرارة الشديدة تشير أنها قد تكون في غاية الأهمية على مدى فترة زمنية قصيرة. فإتسياب الرماد البركاني من Krakatoa في ثمانينات القرن التاسع عشر أدى إلى زيادة الإشعاع بحوالي ١٠ - ٢٠٪ لمدة ٢٠١ سنة، كذلك فإن الرماد البركاني من Krakatoa تخال طبقة الاستراتوسفير ليصل إلى ارتفاع ٣٢ كم. وقد أشارت دراست حديثة إلى أن أبرد فصول الصيف وأكثرها رطوبة في بريطانيا مثل عام ١٦٩٥، وعام ١٧٢٥ وستينات القرن الثامن عشر، وأربعينات القرن التاسع عشر وعام ١٩٠٣، وعام ١٩١٢ من القرن العشرين حدث في نفس الوقت الذي زاد فيه الغبار البركاني في الاستراتوسفير في الغلاف الجوي العلوي (Lamb, 1971). وفوق هذا فإن فترة الدفاء الحراري في نصف الأرض الشمالي والتي امتدت في العشرينات والثلاثينات والأربعينات من القرن العشرين تتعاصر مع فترة لم يكن فيها أي ثوران بركاني في نصف الأرض الشمالي مما يشير إلى احتمال أن عدم وجود الغبار البركاني خلال هذه العقود كان أحد العوامل في عملية الدفاء. وإذا رجعنا بعيداً إلى الوراء فدراسة عينة الجليد اللبية في أنتركاتيكا قد دلت على سقوط غبار بركاني كثير ومتعدد في الفترة من ٢٠٠٠ إلى ١٦٠٠ سنة مضت. وهو نفس وقت أوج البرودة في الفترة الجليدية الأخيرة) وبالمثل فإن فترة المناخ الأمثل والعصر الجليد الأصغر (Bray, 1974) يبدو أنهما يتعاصران مع فترتي ركود ونشاط بركاني على التوالي (شكل ١٠ - ١٢).

بالإضافة إلى دور العوامل السابق ذكرها فإن الغبار البركاني قد يقلل سطوع الشمس حيث أن هذه الأثرية تشجع على تكوين السحب كما أن ذرات الغبار تساعد على تكون بلورات الجليد في الهواء التي تنخفض درجة حرارته إلى ما دون التجمد والمشيّع ببخار الماء. ويقترح برأي (Bray, 1974) أنه خلال الهولوسين بشكل إجمالي وعلى أساس فحص تواريخ الكربون المشع C 14، نجد أن التقدم الرئيسي للأنهار الجليدية الألبية والقطبية كان متعاصراً تماماً مع فترات النشاط البركاني في فترة ما بعد وسكتسن (فيرم) الجليدية في نيوزيلندة واليابان وجنوب أمريكا الجنوبية (٤٧٠٠ - ٥٤٥٠ - ٢١٥٠ - ٢٨٨٥ و ٥٠ - ٤٧٠ سنة مضت). وثمة دليل إضافي على دور النشاط البركاني يأتي من تحليل التراب البركاني الخشن في ٣٢٠ عينة لبية من أعماق البحار. وقد وجد كل من Kennett & Thunell أن مثل هذا التراب متكرر جداً

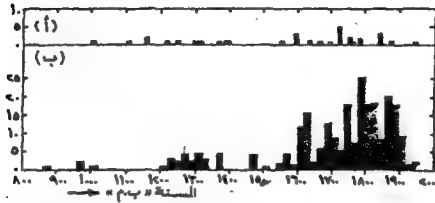
فى القسم الرباعى من زمن الحياة الحديثة، بما يعادل أربعة أمثال وجوده فى وسط النيوجين.

رابعا، افتراضيات تتضمن تغيرات فى جغرافية يابس الأرض

على الرغم من أن التغيرات المناخية لا يقتصر حدوثها على فترات زمنية قصيرة الأجل التى من أمثلتها العصر الجليدى الصغير أو فترة دفاء القرن العشرين فإن بعض التغيرات طويلة الأمد والتي قد تتضمن بداية تكون الجليد فى أماكن معينة من العالم قد تكون نتيجة تغير مواقع القارات أو زحزحة فى مواقع المحاور القطبية أو رفع القارات، من بين هذه العوامل الثلاثة نجد أن العاملين الأول والثانى قد لا تكون لهما أهمية نسبية إذا كنا بصدد الحديث عن البليستوسين حيث أن معدلات التغير بطيئة جدا، فمثلا كان معدل حركة القطب يقدر بـ $10 \times 3^{-}$ درجة فى السنة وقد لا يكون كافيا ليؤثر على نمط الجليد فى البليستوسين (Cox, 1968). أما معدل زحزحة القارات فأعلى بقليل حيث يبلغ متوسط المعدل حوالى $10 \times 1^{-}$ درجة لكل سنة والذي يساوى ١ خلال ١٠٠ مليون سنة (وربما تكون ٢. فقط منذ بداية الجليد الكلاسيكى) حتى مع أقصى معدل افتراضى $10 \times 6^{-}$ درجة كل سنة، ستكون إزاحة لا تستحق الأهمية. ورغم ذلك فقد اقترح إوينج (Ewing, 1971) أنه إذا كان اتساع قاع البحر يحدث بمعدل 2 سم/سنة، فعرض أخدود مثل ذلك الذى يقع بين سبتزيرجن وجرينلند قد يتزايد إلى ٢٠٠ كيلومترا فى ١٠ مليون سنة ليكون كافيا ليؤثر على دخول التيارات المحيطية إلى القطب الشمالى وكذلك على مناخ المناطق المحيطة. ورغم هذا فهناك كثير من الباحثين الذين يرون أن الأسباب الأرضية للتغير المناخى يمكن حصرها فى حركات الرفع التى تؤدى إلى بناء الجبال والتي تكون قمعها على ارتفاعات كافية وباردة لتسمح بتراكم الثلج والجليد وقد يكون لهذا آثاره الهامة كما سبق وأشرنا من قبل أن البليستوسين وأواخر الزمن الثالث شهدا حركات تكتونية لها اعتبارها.

وإذا افترضنا أن معدل الرفع فى منطقة نشطة تكويناً يصل إلى ١٠ متر لكل ١٠٠٠ سنة فهذا يتطلب ١٠٠٠٠ سنة فقط لينخفض متوسط درجة الحرارة 0.65 درجة مئوية حيث أن درجة الحرارة تنخفض بمعدل 0.65 م كلما ارتفعنا ١٠٠ متر. ولهذا فعبء البليستوسين قد يكون فى الامكان أن تظهر جبال بسرعة كافية وتؤدى إلى خفض ملحوظ فى درجة الحرارة عند قممها، كذلك فإن جمالى كمية المطر يتجه للزيادة ما هو معروف بزيادة الارتفاع على الأقل حتى إرتفاع ٣٠٠٠ متر، ولذا فإن المحصلة النهائية أن ارتفاع الجبال يؤدى إلى إيجاد مصائد ثلجية حقيقية. ورغم هذا، فإذا كان الارتفاع فقط هو السبب الرئيسى وراء وجود حقل ثلجى كبير أو حقل جليدى فبمجرد

تراجده يمارس تأثيره على الألبيدو ونظم الضغط ليكون دائما قائما بذاته. ولكي تختفى هذه الكتلة الجليدية لابد من تواجد عوامل أخرى.



(شكل رقم، ١٠-١)، الثورات البركانية الضخمة هي أيسلندة

وجليد المحيط الشمالي منذ سنة ٨٧٠ بعد الميلاد

أ- الثورات البركانية الكبرى.

ب- الجليد للتطبي عند مراحل أيسلندة

٠.١ أسابيع / سنة، متوسطات ٧٠ سنة

والآثار التي تنجم عن مثل هذا الارتفاع قد تكون محلية أو عالمية فمثلا ارتفاع جبال روكي قد يؤثر تأثيراً جيداً على الطقس بشكل عام في نصف الأرض الشمالي بتأثيره على موجات الغلاف الغازية واعتراض أضداد الأعاصير Anticyclons عبر شمال الأطلسي. وعدم تعرض جميع المناطق لتكرار الجليد دليل يؤيد هذا الافتراض، وفي كثير من الحالات يبدو ممكناً أو محتملاً أن الارتفاع في أواسط وأواخر البليستوسين أدى إلى وجود جبال في بعض المناطق في وضع يسمح بتراكم الجليد، منها على سبيل المثال جبال Mauna Kea (هاواي) وتسمانيا والبرانس كلها شهدت فترة جليدية رئيسية واحدة في أواخر البليستوسين.

خامساً، نظريات التغذية الاسترجاعية (التغير الذاتي)

Feedback (autovariation) hypotheses

تعرضنا فيما سبق لمجموعة من الأسباب التي يمكن أن تؤدي إلى تغير مناخها منها تغير الإشعاع الشمسي وموقع وشكل الأرض وعلاقتها بالأجرام السماوية الأخرى

ونوعية الغلاف الجوى وتوزيع اليابس والماء والجبال. وهناك عدد من الافتراضات التى تنص على أن الغلاف الجوى يحتفظ بدرجة من عدم الاستقرار الداخلى التى قد تؤدى إلى وجود عامل ذاتى للتغير. ويمكن لنا أن نقول أن بعض التغيرات البسيطة من خلال التغذية الاسترجاعية الايجابية Positive feedback يكون لها آثارها الواسعة التى تكون على مدى زمنى طويل. وقد كتب ميتشل (Mitchell, 1968) أن التقلبات البليدية البسيطة قد تكفى لتغير الدورة الهوائية العامة والمناخ من حالة إلى أخرى. وفيما يلى عرض لبعض الأمثلة المختارة التى تشير إلى أهمية الافتراضات التى تتضمن علاقات التغذية الاسترجاعية (الارتدادية) أو التغير الذاتى:

(١) نظرية ولسون

تقدم ولسون Wilson لنا فى عام ١٩٦٤ بنظرية من نظريات التغذية الاسترجاعية مفادها أنه فى الوقت الذى كان فيه السمك الاجمالى للغطاء الجليدى فى انتركاتيا أقل من القيمة الحرجة كان معدل السمك الناتج عن تراكم التساقط يزيد عن معدل الهبوط الناتج عن الانسياب المرن وفقدان الكتلة عن طريق انفصال الجبال الجليدية عند الاطراف. وعندما وكيفما يصل سمك الجليد إلى قيمة حدية حرجة يصبح الضغط العرصى للقص قرب قاعدة الغطاء الجليدى كبير بحيث يزداد انسياب الجليد بشكل مفاجئ. ويؤدى هذا إلى التسخين بالاحتكاك ومن ثم يزداد الانسياب أكثر وأكثر حتى ينهار الغطاء الجليدى بأكمله بمعدل فجائى تقريباً، وبالتالي تمتلئ المحيطات بالجليد وبذلك تنخفض درجة حرارة العالم والتى تشجع على تكون الجليد فى جهات معينة أخرى من العالم (Hollin, 1965, Selby, 1973).

وإلى جانب ذلك فإنه نتيجة اندفاع الغطاء الجليدى فإنه فى الامكان أن ينتقل ثلث الغطاء الجليدى إلى الراف القارى مكوناً رقفاً جليدياً ضخماً. هذا الرف قد يزيد الألبينو السطحى إلى 10×25 كيلومتر مربع من المحيطات من ٨٪ إلى ٨٠٪ مؤدياً إلى زيادة البرودة بخفض الحرارة الواردة إلى الأرض ككل بحوالى ٤٪.

(٢) نظرية بلاس

فى عام ١٩٥٦ اقترح جليبرت بلاس C.N. Plass نظرية يوضح فيها عدم الاستقرار الداخلى للغلاف الجوى، وأوضح فيها أن هناك سبب غير محدد يؤدى إلى خفض محتوى الغلاف الجوى من ثانى أكسيد الكربون. مما يؤدى إلى خفض درجة حرارة الغلاف الجوى، وبعد ٥٠٠٠٠ سنة أو نحو ذلك تبرد المحيطات بنفس الدرجة وتصل إلى توازن جديد فى محتوى ثانى أكسيد الكربون فى الجو. وانخفاض الحرارة

يشجع على تراكم الجليد على القارات والذي يؤدي بالتالى الى انخفاض مستوى سطح البحر وبالتالي إختلال نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الجو حيث تتركز فى المحيطيات. وزيادة ثانى أكسيد الكربون فى الجو تؤدي إلى دفء الغلاف الجوى مؤدية بالتالى الى ذوبان الجليد واستعادة المحيطات أحجامها الأصلية.

(٢) نظرية إوينج - دون

سادت نظرية إوينج - دون Ewing - Donn فى الفترة ١٩٥٦ - ١٩٥٨ والتي تقول إن دورة الأحداث تبدأ بمستويات مرتفعة لسطح البحر خلال الفترات ما بين الجليدية مع انسياب مياه دافئة نحو المحيط المتجمد الشمالى. وكلاهما يحفظ جليد المحيط مناسباً لتراكم الثلج المتساقطة على هيئة ثلج على اليابس المحيط. مما يؤدي إلى انخفاض مستوى سطح البحر ومن هنا تعمل السلسلة الجبلية المحيطية الموجودة بين أيسلندة و Faeroes الى اعاقه حركة المياه الدافئة نحو المحيط المتجمد الشمالى. كما أن ازدياد مساحة الغطاء الجليدى قد تؤدي إلى انعكاس الاشعاع الشمسى بنسبة أكبر مما يؤدي إلى زيادة معدلات البرودة وانخفاض درجة الحرارة. ومثل هذه النزعة قد تعززها المعلومات الخاصة بأضداد الأعاصير فوق الجليد مع رياح تهب نحو الخارج تصد التأثير الأطلسى المعتدل. ومن ثم يتجمد المحيط الشمالى ويمنع استكمال الغطاءات الجليدية والتي تتعرض للانكماش التدريجى. ثم يرتفع سطح البحر وتنساب المياه الدافئة مرة أخرى وتكون بداية لدورة جديدة.

وقد أثبتت دراسات حديثة على عينات من أعماق المحيط الشمالى أن هذا المحيط الشمالى لم يخل من الجليد خلال البليستوسين ومن ثم لا يمكن أن يكون عاملاً فى نمو أو ذوبان الأنهار الجليدية القارية فى البليستوسين.

(٤) نظرية ويل

أشار ويل P. K. Weyl فى عام ١٩٦٨ إلى حقيقة هامة، وهى أن درجة ملوحة مياه المحيط الأطلسى فى الوقت الحاضر تزيد عن درجة ملوحة مياه المحيط الهادى. وقد أرجع ذلك إلى أن مياه أقصى شمال المحيط الأطلسى لا تتجمد شتاء حتى أماكن تقع إلى الجنوب من دائرة عرض ٧٥ شمالاً، بينما يصل حد الجليد المستوى إلى دائرة عرض ٦٠ شمالاً فى المحيط الهادى. وتترافق الملوحة الأكبر فى المحيط الأطلسى شمال دائرة الاستواء بانتقال الرطوبة باضطراب بواسطة الرياح التجارية نحو الغرب عبر برزخ بنما، بينما تتدفق الرطوبة بشكل عكسى تجاه الشرق من المحيط الهادى فى منطقة الرياح الغربية، غير أن جبال الروكى تقف عائقاً فى وجه تدفق الهواء الرطب

من الغرب، ويتولد عن ذلك ضعف فى الحركة الجوية عبر الأطلسى، مما يترتب عليه تقليل كمية المياه المفقودة من المحيط الأطلسى نحو الجو، وخفض الملوحة فى ذلك المحيط، مما يمكن جليد المحيط المتجمد الشمالى من الانتشار بعيداً نحو الجنوب فى القطاع الأطلسى.

ومما لا ريب فيه، فإن هذه الآلية تلعب دوراً جزئياً فى كل التغيرات المناخية فى المناطق التى تحدث فيها تغيرات هامة فى تبادل بخار الماء بين محيط ومحيط آخر. أما ازدياد انتشار جليد البحر أو تقلص امتداده، فيرتبط بحركة الرياح التى تكون قوية أو ضعيفة أو متقلبة فى قوتها، إذا واجهتها حواجز جبلية، وهكذا يبرد المناخ أو يزداد سخونة وحرارة.

(٥) نظرية بروكس

تعود البذور الأولى لنظرية بروكس C. E. P. Brooks إلى عام ١٩٢٥ والثى ظهرت فى كتابه بعنوان «المناخ عبر العصور» Climate through the ages، المنشور لأول مرة عام ١٩٤٩. ولقد عرضت هذه النظرية على المبادئ المتسلسلة التالية : إن النمو الثابت والاضمحلال فى قلسوات الجليد القطبية يعتمد على قوة التبريد المرتبطة بتغير «درجة عاكسية الإشعاع الشمسى وصفاته للجليد العائم الموجود فى المحيط القطبى والذي يعود فى تكوينه فى البداية إلى إنخفاض بسيط فى درجة حرارة السطح إلى ما دون درجة التجمد. ويرجع انخفاض درجة الحرارة إلى حدوث ارتفاع فى القارات. فإذا ما تغطت منطقة ما باتساع عشر درجات عرضية بالجليد، فإن هذا الجليد سينتشر بسرعة فوق منطقة تغطى ما يقرب من ٢٥ درجة عرضية. ولكن إذا ما ذاب هذا الجليد بفعل حرارة الصيف وتقلص فى اتساعه إلى من أقل من عشر درجات فإنه سيحافظ على اضمحلاله بسرعة. وتوضح آراء بروكس أن نظريته يمكن تطبيقها كذلك على نمو وتقلص الغطاءات الجليدية فوق اليابس فى العروض العليا. وترتبط تغيرات درجة الحرارة، التى هى المحرك الأساسى لتلك التطورات، بالتغيرات فى فائض الإشعاع الذى يستقبله سطح الأرض. كما يرتبط تأثير درجة عاكسية الجليد على امتداد الغطاء الجليدى فوق سطح الأرض بأية نسبة انخفاض فى الإشعاع الشمسى. فقدقتر أن انخفاض نسبة الأشعة بمقدار ١,٥ ٪ تكون كافية لبدء عصر جليدى جديد، وإذا زاد هذا الانخفاض ليصل إلى ٥ ٪ فإن ذلك سيعمل على تزايد الجليد بشكل واسع بما يحول سطح بأكمله إلى سطح جليدى.

(٦) نظرية الألبيدو

هناك عامل واحد يتحكم في مستوى التسخين في النظام الجوى للأرض وهو درجة انعكاس أو امتصاص سطح الأرض للاشعاع الشمسى . وانغیرات فی ألبیدو سطح الأرض والتي قد توجد نتيجة أحداث بسيطة قد تؤدي إلى تغيرات رئيسية في المناخ . فعلى سبيل المثال نجد أن إرساب غبار بركانى داكن اللون فوق الغطاءات الجليدية نتيجة انفجار بركانى قد يؤدي إلى ذوبان الجليد في هذا الغطاء والذي قد يؤدي بدوره إلى خلق سلسلة متوالية من الأحداث . وبالمثل، فإن وجود غطاء جليدى مستمر على غير العادة فوق شمال كندا نتيجة لفصول شتاء ثلجية وفصول صيف باردة مصادفة قد يساعد إما على تغيير مناخى مباشر أو قد يلعب دوراً كجزء من رد فعل التغذية الاسترجاعية .

ومثل هذا الغطاء الجليدى الذى يستمر خلال كل أو معظم الصيف والخريف يعكس أشعة الشمس مؤدياً إلى برودة الهواء وانخفاض درجة حرارته ، وهذا فى حد ذاته قد يرجع تراكم الثلج فى الشتاء التالى، وبتراكم الثلج تدريجياً يؤدي إلى غطاء جليدى شاسع الامتداد،

دور الإنسان في التغيرات المناخية

طبقت الافتراضات المختلفة التى سبق مناقشتها بدرجات مختلفة من النجاح لفترات زمنية مختلفة الطول، وذلك لأن التغيرات البيئية والمناخية التى يشهدها العالم الآن تماثل التغيرات البيئية والجوية التى كانت تحدث منذ ملايين السنين للانتقال بين العصور الجيولوجية المختلفة قديماً، وكانت تلك التغيرات تغيرات طبيعية تحدث نتيجة مؤشرات فلكية كالتى ذكرناها سلفاً، وهى كلها ظواهر طبيعية ليس للإنسان سلطان عليها ولذلك كانت تتم تدريجياً وتستغرق آلاف السنين . أما التغيرات المناخية الحديثة التى نعيشها الآن سببها نشاطات إنسانية ولذلك تتم بشكل حاد وعنيف وخلال فترة قصيرة نسبياً مما يزيد من الشعور بحدتها وعنفها . وعموماً فإن كل هذه التغيرات ما هى إلا مرحلة انتقالية يعاد خلالها تشكيل المناخ العالمى على صورة جديدة ثم تحدث حالة استقرار حيث يعتاد الإنسان على شكل المناخ الجديد . ولدور الإنسان مكانه الهام، فكما يعتقد العلماء أن تغيرات المناخ فى القرن العشرين الماضى قد أثرت إلى حد كبير على الإنسان ولكن فى نفس الوقت كان الإنسان مسئولاً إلى حد ما عن بعض التغيرات التى تتجم بصفة خاصة عن تأثيره على نوع التلّاف الجوى . وحتى الآن، نظراً لتعدد النظام الجوى وكثرة الأسباب الممكنة، من الصعب أن نحدد تماماً الدور الذى لعبه

الإنسان، وإن كان من الممكن التعرف على بعض أشكال تدخل الإنسان وأثره على التغيرات المناخية على الأرض.

وأحد العمليات الهامة في هذا الشأن هو استهلاك الوقود الحفري مثل الفحم والبتروئول. فحتى وقت قريب كانت كمية الطاقة التي يستخدمها الإنسان والتي يستخرجها من هذه المواد قليلة جداً مقارنة بالطاقة الشمسية والطاقة الناتجة عن حرق النباتات ولكن هذا الموقف تغير حيث نجد أن استهلاك الطاقة العالمية يتزايد بمعدل حوالى ٤ ٪ سنوياً أى أنه يتضاعف مرة كل ١٧ سنة.

ويرتبط ارتباطاً وثيقاً بالانتاج الحرارى زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون الموجود بالجو. ففي الوقت الحالى يزداد معدل ثاني أكسيد الكربون حوالى سبعة أجزاء في المليون في كل عقد، فقد كان تركيز ثاني أكسيد الكربون سنة ١٩٦٠، ٣١٣ جزء في المليون ثم ارتفع إلى ٣٥٠ جزء في المليون في ثمانينيات القرن العشرين المنصرم. ويؤثر تركيز ثاني أكسيد الكربون على كمية الاشعاع الشمسى الذى يصل الى الأرض ويشكل غام فالزيادة لابد أن تؤدى إلى الميل نحو الدفء وقد قدر أن تضاعف ثاني أكسيد الكربون قد يرفع درجة حرارة سطح الأرض بحوالى ٠.١٣ درجة مئوية كل عشر سنوات، وأن كان هناك بعض الملاحظات والدراسات الحديثة التي تشير الى أن معدل الزيادة في درجة الحرارة يقل مع زيادة محتوى الغلاف الجوى من ثاني أكسيد الكربون ولهذا فالاحتمال بعيد أن تصل درجة الحرارة الى مستويات مرتفعة.

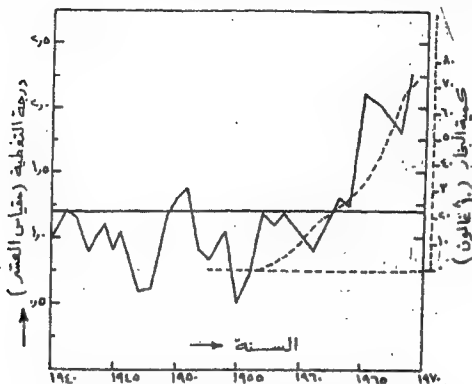
كذلك فإن زيادة استخدام مصادر الطاقة الحفرية (البترول - الفحم) يؤدى إلى زيادة تلوث الغلاف الجوى. وزيادة الأتربة أو الدخان له أثره على انتشار أو امتصاص الاشعاع الشمسى ولهذا تميل درجة حرارة الأرض للتغير، كذلك فقد تكون سبباً في قلة الأمطار بتقليلها نشاط تيارات الحمل. وعلى العكس فهناك من يرون أن زيادة المواد الدقيقة في الغلاف الجوى قد تؤدى إلى وجود نوايات تساعد على تكاثف وتسامى بخار المياه في الغلاف الجوى وبذلك تزداد السحب. والآثار الدقيقة للدخان على درجة الحرارة مازالت لمسهو الحظ غير واضحة وسواء أكانت أضافة الدخان تؤدى إلى تسخين أو تبريد الغلاف الجوى فهي عملية لا ترجع فحسب للخصائص الفعيلة لهذه المواد ومدى قدرتها على الامتصاص والتغذية بل كذلك لمواقعها الخاصة في الغلاف الجوى بالنسبة للسحب، وعكس السحب والسطح للأشعة كذلك. ولهذا فقرب القطب قد تؤدى ذرات الايروسول الرمادية، أو الهباء الجوى، إلى دفء الغلاف الجوى حيث يقل عكسها للأشعة عن السطوح الجليدية والثلوج التي تقع أسفلها، بينما في المناطق الزراعية الداكنة فإنها تعكس كميات أكبر مؤدية الى البرودة، ولهذا فإن كمية التأثير الناتجة عن

زيادة الدخان في الغلاف الجوى غير واضحة، ولكن اقترح راسول وسكنيدزين عام ١٩٧١ (Rasool & Schneiden, 1971) أن الزيادة بمعدل ٤ أو ٥ في تركيز الدخان في الجو العالمي تكون كافية لخفض درجة حرارة السطح بحوالى ٣,٥ درجة مئوية. ولحسن الحظ فإن الدول المتقدمة والتي تضيف أكبر كمية من الدخان غير الطبيعي الى الجو تمتلك المصادر الفنية للتغلب على هذه المشكلة وفعلا استطاعت بعض هذه الدول أن تخطو في هذا المجال. ومع ذلك فهناك ما يدل على زيادة الأتربة والغبار في الجو منذ بداية الثورة الصناعية يأتي من تحليل مستويات الأتربة من جليد الأنهار الجليدية المعروفة التاريخ في جنوب روسيا (الاتحاد السوفيتى سابقاً)، فقد وجد حوالى ١٠ مج/ ١ فى طبقات جليدية ترجع للفترة ما بين ١٨٠٠ ، ١٩٢٠ ويزداد هذا الرقم فى الخمسينات من القرن العشرين إلى ٢٠٠ مج/ ١ أى عشرون ضعفاً.

وهناك نتيجة أخرى تتعلق بتأثير الانسان على نوعية الغلاف الجوى وبذلك يحتمل تأثيره على المناخ هو دور الكيماويات خاصة مركبات كلوروفلوروميثين Chlorofluoromethanes التي تنبعث الى الهواء عندما تستعمل المبيدات وما شابهها فى المنازل. وقد اقترح أن تركيبها الكيماوى وشدة تبخرها تعنى أنها تبقى فى الجو لمدة طويلة ومن ثم تتراكم على مستويات مرتفعة. ومن المعتقد أن الانفصال الضوئى لهذه الغازات فى طبقة الاستراتوسفير ينتج كميات لا بأس بها من ذرات الكلور مما يؤدى إلى تحطيم بعض الأوزون الموجود فى الجو. يعد الأوزون عاملاً هاماً يتحكم فى الاشعاع.

وثمة مشكلة أخرى خطيرة تحدث فى طبقات الجو العليا وهى الخاصة بالطائرات والصواريخ، حيث تعمل الأخيرة على إخراج كيماويات سامة فى طبقات الجو العليا من خلال الدخان للعادم. ومن المعروف أنه حتى الكميات القليلة من عنصر «ال أوزون» فى الطبقات العليا من الجو قد تتحكم بشكل ملحوظ فى ظروف الاشعاع. ولذا فأى اضافات قليلة لهذه المنطقة أو التفاجعات التي تتضمن اضافة كيماويات سامة قد يترتب عليها نتائج هامة. كذلك فما تنفثه الطائرات التي تفوق سرعتها سرعة الصوت من بخار الماء فى طبقة الاستراتوسفير قد يكون أكثر خطورة على المدى القصير. وفى الوقت الحالى انخفضت نسبة بخار الماء فى طبقة الاستراتوسفير كما أن التبادل بين الجزء السفلى من الاستراتوسفير والمناطق الأخرى من الغلاف الجوى منخفض. وعليه فالكميات المعتدلة نسبياً من بخار الماء التي تصرفها الطائرات قد يكون لها أثر واضح على التوازن الطبيعى. وقد وجد أن ٤٠٠ طائرة تفوق سرعتها سرعة الصوت سواء كانت عسكرية أو مدنية تعمل ٤ رحلات يومياً قد تترك ١٥٠×٦٠ كيلوجرام من المياه

في طبقة الاستراتوسفير السفلى. ومثل هذه الزيادة قد تؤدي إلى زيادة بسيطة في درجة الحرارة قد تصل إلى ٠,٦ درجة مئوية. ووجود الرطوبة يمكن أيضاً أن يظهر في شكل سحب سمحاقية رقيقة مرتفعة (شكل رقم ١١ : ١٠).



(شكل رقم ١١ : ١٠) : التغيير في نسبة الغيوم العالية (السمحاق) في جومدينة

دنفر - كولورادو - الولايات المتحدة الأمريكية، منذ عام ١٩٤٠

وعلى المستوى القارى أو الأقليمى، فقد ذاع - خاصة في سنوات ما قبل الحرب - أن التهجير يصلح ظروف المطر خاصة على هوامش الصحراء وأن إزالة الغابات على العكس يؤدي الى تدهور في ظروف المطر. ولهذا فمن خلال تأثير الإنسان على الغابات في مناطق مثل منطقة السودان في غرب أفريقيا كان ينظر الى الإنسان كأحد الأسباب التي يمكن أن تعمل على التصحر. ويعتمد تأكيد ذلك على الحقيقة المتعارف عليها أن وجود غابة له أثر أفضل على اقتصاديات المياه في المنطقة. وقد نسبت هذه الظاهرة في أول الأمر الى زيادة المطر وأكثر من هذا فارتفاع الرطوبة النسبية في الغابات وملاحظة دخان الغابات على مسافات قريبة ووجود الرطوبة المرتفعة في الهواء المحيط بالغابة، كل هذا يقدم تأييداً واضحاً لهذا الرأي.

ويؤكد العلماء أن تدخل الإنسان بنشاطه العايب قد عمد إلى تلويث الجو وإزالة كثير من الغابات والأشجار ويؤدى كلا العاملين إلى رفع المحتوى الحرارى للجو. فالملوّثات الجوية تعوق تسرب الحرارة من سطح الأرض إلى الفضاء، وإزالة الغابات والأشجار تؤدى إلى نقص امتصاص ثانى أكسيد الكربون الجوى فيزداد تركيزه تدريجيا ويزداد بالتالى مدى الاحتباس الحرارى فى جو الأرض.

ومن جهة ثانية، رغم وجود مشروعات قيد النقاش تهدف إلى تحسين ظروف المطر على هوامش الصحراء الكبرى عن طريق تشجير حزام ضخم من الأرض عبر غرب إفريقيا، فمن المؤكد أن تكوين التساقط عملية تتم فى طبقات الجو العليا. وظالما كانت النطاقات الجافة الرئيسية فى العالم يسودها الهواء الهابط فأى زيادة بسيطة فى الرطوبة تنتج عن وجود الأحزمة الشجرية سيكون عديم الأثر إلى حد كبير. وقد ينطبق نفس القول على الخطط التى ترمى لإنشاء بحيرات ضخمة فى صحراء كلهارى والصحراء الكبرى. ولعل جفاف السواحل الأفريقية على طول البحر المتوسط أوضح مثال على مدى الأثر الضليل الذى ينتج عن المسطحات المائية حتى ولو كانت بضخامة البحر المتوسط الذى يعد مصدراً للبخار الدافئ. وتبقى السواحل قاحلة نظراً لطبيعة الدورة الهوائية العامة.

ومع ذلك فرغم أن الغابات قد لا تسبب تغيرات واضحة فى التساقط من خلال عملية النتج، فهناك اهتمام زائد فى السنوات الأخيرة بالنتائج التى تترتب على إزالة الغابات نتيجة تغير الألبيدو الأرضى. فالأراضى المغطاة بالنباتات يتراوح الألبيدو بها بين ١٠-٢٥ ٪ بينما الأراضى التى قطعت أشجارها أو التى تأثرت بالرعى الجائر (كما فى مناطق الساحل) ترتفع بها نسبة الألبيدو مما يؤثر على مستويات درجة الحرارة. وتظهر المرنيات الفضائية E R T S التى التقطت لمنطقة سيناء والنقب اختلافاً كبيراً جداً بين النقب الداكنة اللون ومنطقة سيناء وغزة شديتى اللعان. هذا الخط الفاصل ينطبق على خط الحدود الذى رسم بين مصر وفلسطين المحتلة سنة ١٩٤٨ - ١٩٤٩، والنتائج عن تباين استخدام الأرض بهذا الشكل أدى إلى تغير فى درجة الحرارة بحوالى ٥ درجات مئوية. ورغم هذا فقد يكون له أثار أكثر من مجرد التغير فى درجة الحرارة. كما أتضح أن الزيادة فى الألبيدو الناتجة عن نقص فى الغطاء النباتى بسبب نشاط الإنسان قد تؤدى إلى نقص فى صافى الإشعاع الوارد، وزيادة فى التبريد الإشعاعى للهواء. وعليه، فأنتا تؤكد أن الهواء يهبط ليحفظ التوازن الحرارى بضغط حرارى ثابت ومن ثم تشتت السحب الركامية التصاعدية وما يصحبها من أمطار، والأمطار السقالية

بدورها يكون لها أثر عكسي على النباتات وتؤدي إلى شدة النقص في الغطاء النباتي. مثل هذه الاعتبارات في غاية الأهمية في حالة إزالة غابات الأمزون على نطاق واسع. وقد وضع بوتر وآخرون (Potter et al., 1975) نموذجاً على الحاسب الآلي لمعرفة الآثار المتوقعة لتغير الألبيدو في هذه المنطقة ومع ذلك فهذا الرأي مقبول عالمياً. وهنا ينبغي، على سبيل المثال، أن نأخذ في الحسبان مدى تأثير التغير النباتي على الألبيدو وعدم تجاهل تأثير النبات على التبخر - النتح. ولذلك تكون المناطق المزروعة عادة أبرد عن الأرض الجرداء حيث أن كثيراً من الطاقة الشمسية الممتصة تستهلك في تبخر المياه. ويستخلص من هذا أن حماية الأرض من الرعي الجائر وإزالة الغابات من المتوقع أن يخفض درجة الحرارة ومن ثم يخفض أكثر مما يرفع الهواء المتصاعد والتساقط.

النتائج المتوقعة للتغيرات المناخية

يمكن حصر النتائج المتوقعة لظاهرة التغيرات المناخية العالمية في التغير المناخي وكل من ارتفاع مستوى البحار والزراعة العالية وصحة الإنسان، وفيما يلي دراسة تفصيلية لكل نتيجة منها على حدة.

(١) التغير المناخي وارتفاع مستوى البحار

لقد بدأت مستويات المحيطات بالارتفاع. واستنتجت الهيئة الحكومية الدولية للتغير المناخي في الأمم المتحدة بأن مستويات البحار ارتفعت طوال القرن العشرين الماضي بمعدل ١٠-٢٠ سنتيمتراً. ويتوقع أن يزداد هذا المعدل أثر استمرار تصاعد درجات الحرارة العالمية، ونتيجة لامتداد المحيطات بسبب الحرارة. ويتوقع أن تكون مستويات البحار بحلول العام ٢١٠٠ في حدود ٦٥ سنتيمتراً أعلى مما كانت عليه في بداية القرن الحالي (القرن الحادي والعشرين).

وستتفاقم الآثار المترتبة على ارتفاع مستويات البحار بشكل خاص بسبب الزيادة المتوقعة في عنف وتواتر العواصف التي ستدفع بالأمواج إلى أراضٍ داخلية إضافية مهددة السكان والممتلكات التي كان يمكنها أن تكون في مأمن من مشكلة ارتفاع المحيطات. وحين ترتفع المحيطات، ما لم يتم بناء حواجز وأسوار حماية باهظة التكلفة، فإن المياه ستغمر منشآت الموانئ، وستعطل نظم صرف المياه كما يستلزم إعادة تصميم منشآت الطاقة والجسور والعديد من الاستثمارات على الأراضي المنخفضة. وستجبه المياه المالحة عشرات الكيلومترات داخل الأنهار، كما ستلوث أيضاً إمدادات المياه الجوفية الساحلية، وستختفي كذلك مناطق واسعة من الأراضي الزراعية المنخفضة أو

أنها ستصبح أراضي بوار بسبب مياه البحر الدخيلة. وستختفى أيضاً عشرات الملايين من الأفدنة من المستنقعات الساحلية المالحة. هذه المستنقعات تلعب دوراً حيوياً في امتصاص طاقة العواصف وتحمي الأراضي الداخلية. وهي تشكل موقع تكاثر حيوي للعديد من أنواع الأسماك والطيور.

ودون اتخاذ إجراءات حماية بالهظة التكلفة فإنه يحتمل أن يتسرد الملايين من البشر في بنجلاديش فيما تفقد دول كمصر والصين والهند قطاعات واسعة ومهمة من الأراضي الزراعية. أن ارتفاع معدل متر واحد في مستوى البحار يمكنه تشريد ما بين ٤٠ و ٨٠ مليون شخص في بنجلاديش على سبيل المثال، وتحطيم سهول الصين المنخفضة الأربع والأخصب. وتبدو الدول النامية التي أسهمت في الجزء اليسير من زيادة غازات الاحتباس، بأنها ستعاني من الآثار الأسوأ. ويعتقد أنه بحلول نهاية هذا القرن الحادي والعشرين، ستغمر الأمواج ما يقارب الثلاثمائة جزيرة مرجانية تقع في المحيط الهادئ. وقد نبه فريق العمل الخاص بدراسة آثار الاحتباس والتأثيرات للهياكل الحكومية الدولية للتغيير المناخي في الأمم المتحدة بأن الجزر المرجانية هي الأكثر تعرضاً لمخاطر التغيير المناخي. وفي حالة تجاوز نسبة ارتفاع مستوى البحار، معدل نمو المرجان الاقنى بسنتيمتر واحد سنوياً، فإن الفيضانات والتعرية ستدمر هذه الجزر. ورغم وجود حلول هندسية لتأخير التعرية والحماية ضد انهيار العواصف التي تضرب السواحل القارية فإنه لا يمكن حماية الجزر المرجانية بشكل فعال. وحتى في المناطق الساحلية القارية فإن العديد من الدول النامية ستجد نفسها في وضع غير قادر على دفع تكاليف بناء الهياكل الهندسية الضرورية للوقاية ضد العواصف العنيفة المتزايدة ومستويات البحار المستمرة في الارتفاع. وعندما ستكون عملية حماية المدن الكبيرة والاستثمارات فعالة من حيث التكلفة بالنسبة للدول الغنية فإن دول مثل بنجلاديش ومصر والصين قد تجد اقتصادها غير قادر على تحمل تكاليف الحماية هذه. ولكن هناك إجراءات يمكنها التقليل من حدة تأثيرات ارتفاع مستوى البحر. وتشمل هذه الإجراءات تصميم وقائية لكبح الفيضانات. كما يمكن إنشاء نظم فعالة لصرف المياه، لدفع مياه الفيضانات إلى العودة من حيث جاءت وبسرعة وإمكانية تحسين جذري لنظم الانذار المبكر لتدبير السكان الأكثر عرضة للخطر من اقتراب حدوث العواصف أو الفيضانات والحد من الضحايا وفقدان الممتلكات.

ومن التوصيات في هذا الشأن الموجهة إلى جميع الدول المتأخمة للبحر بتعزيز الخطط التابعة لها والخاصة باستخدام الأراضي وتحديد المناطق الساحلية المعرضة للخطر. ونظراً لأن العديد من الدول تنقصها الخبرة التقنية الضرورية للقيام بهذه

المهمة، فقد اقترحت الهيئة الحكومية الدولية لتغيير المناخى فى الأمم المتحدة بأن تستفيد الدول التى لها مشاكل مماثلة جمع الخبرة والمعرفة المشتركين، واتخاذ خطوات قانونية وإدارية، كتحريم استخراج الغاز والنفط والمياه من المناطق المعرضة للانهدامات، والحد من التطور الحضرى فى المناطق المعرضة للخطر، وتحريم الصناعات التى قد تنجم عنها مشاكل وخاصة تلك التى تؤدى لمخاطر التلوث بسبب تواجدها على مقربة من المناطق الساحلية. كما ان توعية وإطلاع السكان المعرضين بشكل مباشر لآثار ارتفاع مستويات البحار أو العواصف المستمرة الأسوأ يعدان جزءاً حاسماً من هذه المعادلة. ففي المناطق المعرضة لهذه الأخطار كأراضى دلتا الأنهار فى بنجلاديش ومصر، سيتشرد الملايين من البشر حتى فى حالة اتخاذ بعض إجراءات الحماية. إذ أن إعادة أسكان المواطنين بدون مصاعب، تتطلب تجديد توعية المتضررين وتنظيمهم اجتماعياً بشكل جيد.

(٢) التغيير المناخى والزراعة العالمية

من المتوقع أن يؤدى التغيير المناخى على المستوى القارى إلى إيقاع فوضى فى أنماط إنتاج الغذاء وربما أيضاً فى أسعار الغذاء. وحين ترتفع درجات الحرارة وتتغير أنماط الجزر فإن أنماط كميات الأمطار ستبديل وأن العديد من امدادات المياه ستتقلص بصورة كبيرة وسيصبح العديد من مناطق الأرض جافة أو قاحلة بشكل لا يساعد على زراعة المحاصيل فيما ستشهد مناطق أخرى زيادة كبيرة فى امكانياتها الانتاجية.

ومن المتوقع أن تزداد نسبة كميات الأمطار السنوية عالمياً مع زيادة درجة حرارة الأرض إلا أن ذلك سوف لن يحدث فى جميع المناطق. وفى بعض المناطق فى العالم قد تنخفض كميات الأمطار بنسبة ٢٠٪. إضافة إلى ذلك فإن العديد من المناطق التى تحظى بحصص كبيرة من الأمطار ستشهد أمطاراً غزيرة ثقيلة تمتد لفترات قصيرة من كل عام، مما يقلص من فترات فصول زرع الحبوب ويقاقم مشاكل الفيضانات والقرية.

ورغم استمرار وجود العديد من الأمور غير المؤكدة بخصوص التأثيرات الاقليمية للتغيير المناخى على الزراعة فإنه يحتمل أن يعانى معظم منتجى الحبوب فى العالم من نقص كبير فى الانتاج. وربما تنخفض المحاصيل الزراعية ويقلص انتاج المواشى بصورة أكثر قساسة فى جنوب أوروبا والولايات المتحدة وأمريكا الوسطى وأجزاء من أمريكا الجنوبية وأفريقيا وجنوب شرق آسيا. وفى المناطق الاستوائية الرطبة التى تنتج الكثير من محاصيل الأرز العالمية، يحتمل أن تتصاعد حدة الرياح الموسمية فى جنوب شرقى آسيا مؤدية إلى سقوط أمطار غزيرة فى الصيف وأمطار أقل فى الخريف.

وتتوقف معظم الأمور على كميات الأمطار المقبلة في هذه المناطق ولكن البحوث تشير إلى أن المناطق غير البعيدة عن خط الاستواء والمناطق الواقعة في وسط القارات في العالم من ضمنها السهول العظمى ومروج أمريكا الشمالية والمناطق الحالية المنتجة للحبوب في وسط آسيا، ستشهد كميات أقل من الرطوبة الضرورية لنمو النباتات. وتشير الأبحاث أيضا إلى وجود احتمالات كبيرة لانخفاض إنتاج المحاصيل الزراعية بشكل ملحوظ في مناطق غربي استراليا وفي السهول المترامية الأطراف في الأرجنتين وأفريقيا الجنوبية وفي المناطق الجبلية في جنوب غربي آسيا وفي شبه القارة الهندية وأجزاء من الأراضي والجزر في جنوب شرقي آسيا.

وسيتقلص فقدان الانتاجية في الدول الرئيسية المنتجة للغذاء بشكل ملحوظ كميات الغذاء المتوفرة في الأسواق العالمية ما لم تنتج مناطق أخرى الغذاء الضروري للاستهلاك العالمي. ويعتمد العالم في الوقت الحاضر على صادرات ثلاث دول أو ما يشكل ٧٥ ٪ من جميع صادرات الحبوب. ويتوقع أن تعاني هذه الدول - وهي الولايات المتحدة وفرنسا وكندا انخفاضات ملحوظة في إنتاج الغذاء جراء ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض كميات الأمطار وجفاف التربة.

ونستطيع مواجهة هذا النقص في إنتاج الغذاء في المناطق البعيدة عن خط الاستواء وخاصة في النصف الشمالي من كوكب الأرض. إذ أن درجات الحرارة في المناطق البعيدة عن خط الاستواء سترتفع بشكل أكبر بكثير من المعدل العالمي المتوقع. وحين يرتفع معدل درجة الحرارة العالمية بـ ١,٥ درجة مئوية فإن درجة الحرارة في المناطق البعيدة عن خط الاستواء ستصل إلى ٩ درجات مئوية ما يسمح باستخدام الأراضي التي لم يمكن زراعتها في الماضي بسبب برودة الطقس. وإضافة إلى ذلك فعندما نتوقع انخفاضاً في كميات الأمطار في العديد من المناطق الواقعة جنوب خط الاستواء فإن ذلك قد يكون أقل احتمالا في شمال أوروبا وربما في شمال آسيا. ومن هنا ستتمكن درجات الحرارة المرتفعة والأمطار المناسبة للزراعة من الانتعاش شمالا في المستقبل. إلا أننا لسنا متأكدين على الإطلاق من أن ارتفاع الإنتاج في الشمال سيتزامن وبشكل متقن وانخفاض الانتاجية جنوبا. كما أننا لسنا متأكدين عما إذا كانت كميات الإنتاج المرتفعة في المناطق الشمالية من خط الاستواء ستعادل الخسارة التي لحقت في انتاجية المناطق المصدرة للحبوب والواقعة في المناطق غير البعيدة عن خط الاستواء.

ومن الممكن التقليل من خسائر الإنتاج من خلال عوامل الأخصاب الناجمة عن الكميات الإضافية لثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. ومن المعروف أنه عندما تزداد كميات ثاني أكسيد الكربون في الهواء فإن معدلات نمو النباتات تزداد. إلا أن

آخر الأبحاث تشير إلى أن هذه الزيادة فى المحاصيل ستدوم لعدة فصول فقط. وبعد ذلك فإن النباتات ستراجع إلى التكيف مع كميات ثانى أكسيد الكربون الإضافية فى الجو وستتخفض معدلات نموها وتصبح كالمعدلات الحالية. وإضافة إلى ذلك فإن حرارة أكبر ستعنى زيادة فى المعدل الذى تمتص فيه النباتات الرطوبة من التربة، والذى سيخفض بشكل جوهري كميات رطوبة الأرض الضرورية للمحاصيل والنباتات. وستؤثر معدلات تبخر عالية ورطوبة أقل بشكل مأسوى على المحاصيل الزراعية العالمية. ويعتقد أن هبوطاً بمعدل ١٠ ٪ فى كميات الأمطار مضافاً إلى ارتفاع درجة الحرارة بنسبة ١ درجة مئوية سيؤدى إلى تخفيض ٥٠ ٪ من رطوبة التربة الضرورية للنباتات.

وستساهم الأنواع المتزايدة للحشرات الضارة وتضاعف أمراض النباتات فى عالم أكثر حرارة فى انخفاض المحاصيل الزراعية. وستعزز الحرارة المرتفعة والرطوبة ظروف تكاثر الحشرات الضارة والحشرات الناقلة للأمراض، فيما ستساعد درجات الحرارة المرتفعة، الحشرات الناقلة للجراثيم بالتقل إلى مناطق لا تستطيع حالياً البقاء على قيد الحياة فيها بسبب شدة برودة ظروفها المناخية.

وحين يتغير المناخ وتتغير معه أنماط الانتاج الزراعى فإنه ينبغي على التقنيات الزراعية أن تكون أكثر مرونة. إذ ينبغي على المزارعين التعود على تغيير تقنيات إدارة محاصيلهم الزراعية ومواشيهم كل عقد أو نحو ذلك وعليهم أيضاً التكيف فى العديد من أنحاء العالم والعواصف والفيضانات، وفترات الجفاف المستمرة والمتزايدة. وبالطبع فإنه سيتم تطوير تقنيات جديدة وابتكارات إدارية. وبالنسبة لمزارعى العالم الصناعى، حيث يتكيف العديد منهم على تغيير ممارساتهم لاستخدام الطرق الأفضل، فإن التحول سيكون دون صعوبة نسبياً. أما بالنسبة للمزارعين فى الدول النامية وخاصة الذى يعملون فى أراض زراعية هامشية، فإن التكيف والمرونة قد لا يكونان من الأمور السهلة المئال. ففي هذه الدول، حتى التغييرات الطفيفة فى المناخ وفى كميات الأمطار تستطيع تدمير معظم محاصيلهم الزراعية. وأن هذه الدول هى آخر من يمكنه القيام بالتغيرات للتقنية والإدارية الضرورية للاستمرار فى إنتاج الغذاء فى مناخ متغير.

(٣) التغيير المناخى وصحة الإنسان

قد يؤثر التغيير المناخى سلباً على صحة الإنسان من خلال القاء الفوضى فى امدادات الغذاء والمياه العذبة، وتشريد الملايين من البشر، وتغيير أنماط الأمراض بشكل خطير وغير متوقع. وقد أشارت الأبحاث والدراسات مؤخراً إلى صحة الإنسان يمكن أن تتأثر حتى بالتغييرات الطفيفة فى متوسط ومعدل درجات الحرارة، وهناك احتمال

نضاعد انتشار بعض الأمراض الرئيسية في ظروف درجات حرارة أكبر، وظهرت
مكررات عدوى ذات مقاومة أكبر، وسيكون السكان في الدول النامية هم الأكثر تعرضاً
للآثار السلبية للاحتراز العالمي الناجم عن الاحتباس الحراري، خاصة الدول من
المجموعات ذات الدخل المنخفض. ومن سكان الأراضي الساحلية المنخفضة والجزر
والذين يقطنون المروج شبه القاحلة والفقراء الحضريين في المستوطنات العشوائية ومدن
الأكواخ والصفيح حول المدن الكبرى.

وتقوم الاستراتيجيات الحالية للمناعة المتعلقة بمكافحة الحشرات والجراثيم الناقلة
للأمراض، أن كان ذلك بتزويد المياه الصالحة للشرب أو تحسين الغذاء، على نظم
المناخ والنظم الأيكولوجية ومستويات البحار والإشعاعات الشمسية الحالية. ويتوقع أن
تتغير كل هذه النظم إلا أننا لا نعرف بالضبط مستوى هذا التغيير. إلا أنه غير ممكن
عملياً، تكيف استراتيجيات الصحة والتغذية مع التغيرات المناخية المحتملة. ويستطيع
الإنسان التكيف على التغيرات المعتدلة في درجات الحرارة وعلى درجات قصوى بين
الحين والآخر. إلا أن إمكانية التكيف هذه ضعيفة نسبياً في عداد الأطفال والشيوخ، هذه
الامكانيات تصل ذروتها خلال الطفولة والمراهقة ويمكن الاحتفاظ بها حتى بلوغ
الثلاثين. وحالياً تفوق درجة الحرارة في واشنطن مثلاً ٣٨ درجة مئوية كمعدل يوم
واحد بالسنة ولكنها تتجاوز الـ ٣٢ درجة مئوية في حوالي ٣٥ يوم كل عام. ولكن
بحلول منتصف القرن الحالي، الحادي والعشرين، فإنه يحتمل أن ترتفع هذه الأرقام
إلى ١٢ و ٣٥ يوماً كل عام، وفق تقديرات المنظمة العالمية للأرصاد الجوية. وأنه من
الصعب التكهن حول التأثيرات الناجمة عن ارتفاعات كهذه في درجة الحرارة على
صحة الإنسان في واشنطن أو في مدن مماثلة في جميع أرجاء العالم، ولكنه من الأكيد
أن تؤدي ضغوطات الحرارة المتزايدة في المناطق الحضرية إلى العديد من الضحايا.

وسيؤدي المناخ المتغير إلى تبديل النظم الأيكولوجية الفاصلة بالحشرات والعوامل
التي تنقل أو تسبب العديد من الأمراض أن كانت فيروسات أو بكتيريا أو طفيليات أو
نباتات أو حشرات أو حيوانات أخرى (كالبعوض). وحين تزداد درجة حرارة الجوفان
حدود المناطق الإستوائية قد تمتد إلى المناطق الحالية الواقعة جنوب خط الإستواء فيما
يمكن أن تصبح أجزاء من المناطق المعتدلة مناطق جنوب استوائية. وحين تزداد درجة
حرارة الهواء فإن العديد من الأمراض ستنتشر في مناطق لم تعرف فيها من قبل.
ويحتمل أن تزداد نسب الوفيات بصورة كبيرة. كما ستنتشر الأمراض البكتريولوجية
والفيروسية والطفيلية السائدة في الظروف الإستوائية.

سكان آسيا فأن إيقاع الفوضى في النظم الأيكولوجية البحرية سيؤثر على امدادات غذاء الملايين من البشر وسيزيد من نقص البروتين وسوء التغذية بشكل مأساوى.

ان بعض العوامل التي تساهم بشكل كبير في الاحترار العالمى كحرق الوقود الحفري واستخدام الكلورو فلورو كربون يهدد صحة الإنسان بطريقتين أيضاً. فنجد أن سيارة عادية تستهلك البنترول على سبيل المثال، تطلق غازات أوكسيد الكربون الأحادى والكبريت وأوكسيد النيتروجين والهيدروكربونات والأوزون بمستويات منخفضة والرصاص وهى جميعها غازات خطيرة على صحة الإنسان. أما غازات الفلوروكلورو كربون التي تستنزف الأوزون فمن ناحيتها، تعرض الإنسان إلى مخاطر متزايدة لمسرطان الجلد واعتام العين والتقليل من المناعة ضد الأمراض الأخرى كنتيجة للتعرض المتزايد للإشعاعات فوق البنفسجية التي تصدر عن الشمس.

وأخيراً يمكن للتغيرات التي تحدث في توفير الغذاء والماء إضافة إلى التغيرات الراديكالية في أنماط الأمراض ان تدفع المكان إلى الهجرة بموجات كبيرة، مما يؤدي إلى الاكتظاظ والازدحام وما ينتج عنها من المشاكل الاجتماعية وعدم الاستقرار والتي كلها مجتمعة تستطيع افساد صحة الإنسان.

وهي النهاية، تجدر الإشارة إلى أنه لا يوجد حتى الآن تفسير كامل ومقبول للتغير المناخى، كذلك من الواضح أن أية عملية واحدة تعمل بمفردها لا يمكن أن تكون تفسيراً للتغير المناخى بكل مقاييسه. ولهذا فقد يكون من الأجدر تطابق أو جمع هذه العمليات. ومثال ذلك نظرية فلينت Flint (1971) Solar-topographic التي تقوم أساساً على الاختلافات في شدة الإشعاع الشمسى وبناء الجبال. وأكثر من هذا، فقد تتواجد حلقات التغذية الاسترجاعية وهناك بعض الاقتراحات التي تبدو مقبولة لشرح الاختلاف على فترة زمنية طويلة (مثال ذلك فرضية كرو - ميلانوكوفيتش - Croll - Milankovitch الذي يمكن تطبيقها على الدورات الجليدية وغير الجليدية) بينما افتراضات أخرى تبدو أكثر قبولاً للتذبذبات قصيرة المي (التغيرات في البقع الشمسية قد تكون افتراضاً مناسباً على مقياس عقد أو أكثر). وهناك مشكلتان أساسيتان أخريتان: الأولى أنه لفحص فرض معين نحتاج إلى معرفة دقيقة للنمط المضبوط وتواريخ التذبذبات السابقة وهذا نادر، المشكلة الثانية: أننا نتعامل مع مجموعة من النظم المتشابكة شديدة التعقيد، وهى النظام الشمسى، الغلاف الجوى، المحيطات، واليابس. ولذا فمن غير المحتمل أن أى افتراض أو نموذج للتغيرات المناخية سيكون على مستوى جيد من التطبيق. وإذا أخذنا كل هذا فى الحسبان يتضح أنه من غير الممكن فى ظروف المعرفة الحالية أن نتكهن تكهناتاً جديراً بالنقطة عن تطورات المناخ فى

المستقبل. وقد تقدم الكثيرون بتوقعات في السنوات الأخيرة ولكنهم نادراً ما يتنبأون في الكثير من توقعاتهم مع بعضهم البعض. فقد اقترح كالدور Calder وآخرون (١٩٧٤) أننا الآن على شفا عصر جليدي جديد والذي سيصل على حين غرة، وأشار وينستانلي Winstanly وآخرون (١٩٧٣) أن المناطق الموسمية ستتحج تدريجياً نحو الجفاف لعدة عقود بينما يرى آخرون أنه نظراً لنشاطات الإنسان فيحتمل زيادة درجة الحرارة بشدة، ربما إلى مستوى أدفا من ألف سنة ببدائية العقد الأول من القرن الحادي والعشرين (Broecker, 1975).

وقد حاول بعض الباحثين التكهّن بذلك على أساس وجود الدورات المتصلة بالنشاط الشمسي أو ظاهرات أخرى، وقد أمكن التعرف على عدد كبير من الدورات. وأنه لمن المفيد أن نتذكّر، أن مثل هذه الدورات قد نوقشت لزمن طويل: فقد أوضح سير فرانسيس بيكون Sir Francis Bacon أن هناك دورات مناخية كل ٣٥ سنة منذ ٣ قرون ونصف مضت. ومن المحتمل أن هينجتون Eilsworth Huntington كان على صواب عندما كتب في Mainsprings of Civilization (1945) «أنها ستكون ملحة كبيرة للإنسانية عندما نتعلم التوقع بالتواريخ الدقيقة لوصول الدورات المختلفة الأنواع إلى مراحل محدودة. وقد يكون هذا سهلاً إذا كان هناك دورات قليلة، أو إذا كل منها منتظمة في الطول والشدة، أو أن أية دورة تؤدي إلى تأخير التأثيرات أو تتداخل مع الأخرى، أو أن الدورات تتطور بالتساوي في كل أنحاء كوكب الأرض. والجدير بالذكر أن أي من هذه الشروط غير موجود.

والحذر مرغوب، وذلك ما أكد عليه ماسون Mason (١٩٧٦) في مراجعته للتساؤل عن التوقع عن التغير المناخي «أن التحذير من عصر جليدي وشيك ومن كوارث ضخمة يقوم على أساس ضعيف وعلى غير إحساس بالمسؤولية. فالجفاف الحديث في أفريقيا وفيضانات الباكستان والعواصف المدارية في استراليا، كلها حدثت بشكل مماثل في الماضي ولا يقتضي ضمناً أن النمط العالمي المناخي سيشهد تغيراً أساسياً ودائماً، وثمة تقييم أكثر واقعية وأقل إثارة هو أن هذه التذبذبات المناخية ستعود بنفس الأهمية والتكرارية والاختلاف كما في القرون الحديثة، منطبعة على اتجاهات طويلة الأمد لا يمكن التوقع بدقة ببدايتها وانعكاسها.

وهناك تقدير واقعي مشابه تقدم به لاندسبرج Landsberg (١٩٧٦) في مجال عرض لكتابين حديثين ذائعين، أحدهما يقترح حدوث برد شديد وشيك والآخر وشك حدوث دفاء محتم، يقول «إذا كنت تظن أنك تستطيع استقراء المناخ فانظر لفترة وتعلم».

نصيب مصر من التغيرات التي سيستقر عليها شكل المناخ في المستقبل

تؤكد المؤشرات أن التغيرات التي سيشهدها مناخ مصر ستكون إيجابية حيث تبشر الدراسات بزيادة متوسطة كمية الأمطار وزيادة السيول. وهذه الزيادة في كمية الأمطار تبشر بتحسين الجو وتنقية الهواء، كما أن مياه السيول ستساهم في استزراع الصحراء وزيادة الرقعة الزراعية. وهذه المؤشرات ليست إلا الوجه الآخر لمشكلة التغيرات المناخية التي يعتقد أن آثارها السلبية تفوق هذه المؤشرات الإيجابية.

وكما سبق أن ذكرنا أنه يطلق إلى الغلاف الجوي غاز ثاني أكسيد الكربون بمعدلات كبيرة كنتيجة لعوامل طبيعية ولكن المنبعث من ذلك الغاز بفعل الطبيعة تمتصه عوامل طبيعية، كالأشجار والنباتات، وبذلك يتحقق التوازن البيئي على المدى الطويل، غير أن النشاط البشري يطلق أيضاً كميات متزايدة من ذلك الغاز مما يؤدي إلى زيادة تركيزه في الغلاف الجوي محدثاً ما عرفناه بظاهرة البيت الزجاجي Green house، أو الاحتباس الحراري وهو ما يؤدي بدوره إلى ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي المحيط بكوكب الأرض. ومن هنا اتجه العلماء إلى الربط بين ما ينبعث من تلك الغازات نتيجة للنشاط البشري وبين هذه الظواهر التي تهدد نوعية الحياة على كوكب الأرض.

وفي مصر يعد إحلال الغاز الطبيعي محل السوائل البترولية أحد العوامل المساعدة على تخفيف حدة التلوث الجوي، نظراً لصفاته ما يحتويه الغاز من الكربون. قد أرتفع استهلاك مصر من الوقود الحفري خلال الربع الأخير من القرن العشرين الماضي من نحو ٧,٥ مليون طن بترول (منها كمية من الغاز لا تذكر) إلى نحو ٤٠ مليون طن (منها ١٦ مليون طن غاز) عام ٢٠٠٠، وهو ما يعادل ٥,٣ أمتال ما كان عليه عام ١٩٧٥. هذا على حين ارتفعت المنبعثات الكربونية المرتبطة بهذا الاستهلاك خلال الفترة المذكورة من نحو ٢٦ مليون طن ثاني أكسيد الكربون إلى نحو ١٠٩ ملايين طن، وهو ما يعادل ٤ أمتال ما كانت عليه عام ١٩٧٥. ومع أن هذا التطور يحمل شيئاً من الإيجابية نتيجة لزيادة معدل إحلال الغاز الطبيعي الأقل تلويثاً محل المنتجات البترولية السائلة، فإن الجانب السلبي في هذا التطور يتمثل في الازدياد المضطرب في المنبعثات الكربونية التي شهدت هذا النمو السريع، وهي ظاهرة ينبغي أن تحظى بأكثر قدر من الاهتمام والعمل على تخفيف تلك المنبعثات.

ويصرف النظر عما يثار من خلافات علمية حول تفسير ظاهرة الاحتباس الحراري، فإنه مما لا شك فيه أن الأفضل لمصر أن قبذل كل الجهد لترشيد ورفع

كفاءة ما يستهلك من الوقود. فالمؤكد أن تحسين كفاءة الوقود ينتج عنه الكثير من المكاسب، إذ يساعد من ناحية على خفض ما ينطق بثلاث الجري من المنبعثات الملوثة، ومن ثم يعود بالنفع على صحة الإنسان والحيوان والنبات. ومن ناحية ثانية فإنه يقلص حجم الفاتورة التي نتحملها نتيجة لانخفاض ما يستهلك من الوقود، وبالتالي تقلص حجم الدعم الذي تقدمه الدولة في أسعار الوقود. ومن ناحية ثالثة فإنه يساعد على تحقيق وفر في نصيب مصر من إنتاج البترول والغاز، مما يمكن تصديره أو الاحتفاظ به لمواجهة احتياجات الأجيال المقبلة، وبصفة خاصة الغاز الطبيعي الذي ترجح اقتصادياته أفضلية لإحلاله محل الوقود المسائل والاحتفاظ بأكبر قدر منه لمواجهة احتياجات الأجيال المقبلة.

ونظراً لاهتمام العلماء بدالات الأنهار حيث أنها تمثل المواقع الرئيسية بالقارات التي تحتوي على كميات ومخزون من النفط والغاز، كما أن سواحلها المطلة على البحار تعد ترمومتراً لقياس مدى ارتفاع وانخفاض الأراضي، ومن ثم معرفة طغيان مياه البحار فوق سطح الأرض أو ارتفاع الأرض بالنسبة للبحر.. وحديثاً نالت دلتا النيل في مصر الكثير من الشهرة العلمية ووضعت على خريطة البحث العلمي كأهم موقع على كوكب الأرض كنموذج مثالي للتغيرات المناخية والظواهر الطبيعية. فعلى سبيل المثال، أثبتت الدراسات عن قاع البحر المتوسط وجود دلتا مقلوبة داخل البحر امتداداً لدلتا النيل تقع قاعدة هذه الدلتا في الجنوب بينما رأس مثلث الدلتا شمالاً في داخل البحر. كما أجريت دراسة تفصيلية على المنطقة الواقعة على ساحل البحر المتوسط بين شرق بورسعيد وحتى غرب الإسكندرية (أبوراضى، ١٩٨٨) والتي انتهت إلى الاعتقاد بأن دلتا النيل بوضعها الحالي قد تكونت من رواسب يرجع عمرها منذ ما يتراوح بين سبعة آلاف وسبعة آلاف وخمسمائة سنة، وإن كانت الطبقات السفلى قد تكونت منذ ما يقرب من عشرين مليون سنة وهي تحت البحر. ومن نتائج الدراسات التي تعرضت لدلتا النيل أخيراً أن الجزء الشمالي من الدلتا ينخفض بمعدل يتراوح بين ٠.٠٤ و ٠.٠٥ من السنتيمتر في العام الواحد، كما أن الدلتا تميل إلى الشمال الشرقي تدريجياً خلال فترة السبعة آلاف سنة الأخيرة، ويزيد سمك رواسب الدلتا من الغرب إلى الشرق مع ميل في هذا الاتجاه بمعدل يتراوح بين ٠.١ و ٠.٥ سنتيمتر في السنة الواحدة. ويرجع ذلك الاختلاف في تغير الرواسب في مناطق عنها في مناطق مجاورة مما يسبب ثقلاً على أجزاء عن أجزاء أخرى يتأثر ذلك الملهج بارتفاع مستوى البحر تدريجياً حيث قدر العلماء بأن سطح البحر ارتفع ١٥ متراً خلال السبعة آلاف سنة الأخيرة نظراً لذوبان الجليد في المناطق القطبية، ومن ثم زيادة مياه البحار والمحيطات، وقد تغير المناخ

تبعاً لذلك فى منطقة جنوب البحر المتوسط من مناخ مطير من اثنى عشر ألف وخمسمائة عام إلى مناخ جاف منذ حوالى أربعة آلاف عام، وأدى ذلك بالضرورة إلى تقليل حمولة نهر النيل - قبل بناء السد العالى - من رواسب الهضبة الأثيوبية. وكذلك زيادة التيارات المائية من الغرب إلى الشرق. والعامل الأخير أدى إلى تآكل شواطئ الدلتا ناحية الشرق وتكون أرصفة شاطئية من الصخور الجيرية ناحية الغرب يقع بينها بحيرات ملحّية. وتؤدى هذه العوامل الطبيعية بالإضافة إلى نشاط الإنسان من تجفيف الأرض وإقامة مصدات وحواجز على ساحل الدلتا إلى تغيير شكل الدلتا، وأدى بناء السد العالى الذى منع رواسب فيضانية يحملها النهر ليرسبها فى المصب عند دلتاه مما زاد من عملية الحث والتآكل. ويعتقد أن مياه البحر قد تغمر حوالى ٣٠ كيلومتراً داخل الدلتا من ناحيتها الشرقية بحلول عام ٢١٠٠، وقد يؤثر ذلك على الزراعة فى الدلتا.

ومن مظاهر التغير المناخى فى مصر ما أظهرته الحفائر التى أجريت فى منطقة النبعة غرب أسوان بحوالى ٢٠٠ كيلومتراً أن الجفاف عم الصحراء الغربية منذ أربعة آلاف عام فقد كانت هذه الصحراء قبل ذلك عامرة بالحياة النباتية والشجرية والبحيرات والإنسان حيث بدأت الحضارة المصرية منشأها فى الصحراء الغربية، ثم انتقل الإنسان المصرى إلى الودى ودلتاه عندما استقر النيل فى مجراه مكوناً دلتا عظيمة. ونظراً لأن البحر الأحمر يتسع عاماً بعد عام حيث توجد الهزات المستمرة ليصبح بعد ذلك كما يعرفه العلماء باسم المحيط القادم، وهبوط الدلتا ناحية الشرق وارتفاعها فى الغرب لتزحزح القارة الأفريقية إلى جنوب أوروبا قد يكون هو السبب فى هبوط الدلتا ناحية الشرق واحتمال دخول مياه البحر المتوسط منها إلى الدلتا.

أما تداخل المناخ فيعبر عنه بدورات مناخية طبيعية تحدث على كوكب الأرض منها دورة كبيرة على مدى مئات الملايين من السنين وهى انتهاء عصر أو حقبة زمنية لبداية حقبة زمنية أخرى مغايرة. ونحن نعد مصر بظواهرها المناخية نموذجاً مثالياً للتغيرات المناخية الحديثة. وقد وضعت مصر على خريطة العالم العلمية فى الدراسة من حيث التغيرات المناخية وبداية الحضارة الإنسانية وتطورها. فقد رجعت فى حفريات الأشجار القديمة التى ترجع إلى أكثر من ٣٠٠ سنة أن هناك دورات مناخية تكرر فيها الأمطار فتكون حلقات سمكة داخل الساق عددها ١٥٠ حلقة تتلوها حلقات ضيقة عددها أيضاً ١٥٠ حلقة من ذلك استطاع العلماء أن يتأكدوا من أن الدورات المناخية الصغيرة حدثت فى كل ١٥٠ سنة حيث تمثل كل حلقة سنة واحدة من عمر الشجرة. ويعتقد الباحثون أنها دورات مناخية داخل دورة أخرى أوسع ثم هناك دورات مناخية محلية، أى فى منطقة أخرى حيث ترتفع درجة الحرارة نتيجة البراكين أو

التزخفح القارى أو تدخل الإنسان مثل قطع الأشجار، ولكن هناك دورات مناخية أخرى طبيعية تشكل كوكب الأرض.

وفى دراسة مستفيضة قام بها أكبر علماء البيئة فى العالم توصلوا إلى نموذج لما يمكن أن يحدث فى المستقبل على أساس تصورات (سيناريوهات) ثلاث :

التصور الأول : أو ما أسموه بالسيناريو رقم ١ ، ويعتمد على استمرار الحال كما هو عليه.. أى يستمر العالم بنفس الأسلوب فى أنشطته الصناعية التنموية وعلى نفس المستوى والقدرة.. والتصور الثانى أو السيناريو رقم ٢ على أساس إمكانية التحكم فى العملية الصناعية إما بتقليل الأنشطة الاقتصادية أو باللجوء إلى ما يسمى بالمماريات الصناعية الخفيفة التى لا تخلف من ورائها أى ملوثات ضارة.. والتصور الثالث أو السيناريو رقم ٣ وهو إذا ما استمر ازدياد وازدهار التقدم الصناعى المتوقع حدوثه مع الزيادة المضطربة والمتواصلة فى عدد سكان هذا العالم والمحتمل أن يصل إلى أكثر من ستة بلايين نسمة فى نهاية العقد الحالى. وبحسب السيناريو رقم ١ وبفرض استمرار النشاط الصناعى دون زيادة أوت نقصان وعدم أخذ الزيادة السكانية فى الاعتبار، وجد العلماء أنه بحلول عام ٢٠٣٠ سترتفع درجة الحرارة درجتين مئويتين وقد تصل إلى ٤.٢ درجة مئوية فى نهاية القرن الحالى (القرن الحادى والعشرين). وأعراض نتيجة ارتفاع درجات الحرارة هذه كثيرة أهمها وأشدّها خطورة هو انصهار الجليد فى مناطق تراكمه على الأرض هذا بالإضافة إلى ظاهرة التمدد الحرارى لمياه المحيطات سببب فى زيادة حجم مياه المحيطات والبحار وبالتالي سيطو منسوب سطح هذه المياه.. وتشير الدراسة أنه بحلول عام ٢٠٣٠ - بحسب هذا السيناريو - سترتفع منسوب سطح البحار حوالى ١٨ سنتيمتراً عما كان عليه فى عام ١٩٩٠ وقد يصل فى بعض المناطق إلى حوالى ٢٩ سنتيمتراً - تختلف التقديرات بحسب اختلاف التراكيب الجيولوجية وطبيعة الأرضى المتاخمة للشواطىء. وبنهاية القرن الحادى والعشرون يقدر ارتفاع سطح البحر فى بعض المناطق بحوالى ١١٠ سنتيمتراً.. مطى هذا أن هناك أراض متاخمة للشواطىء ستعرض لخط التمر والتآكل وتزايد حركات المد والجزر .. كما ستختلف عمليات الترسيب وستتدخل المياه المالحة فى المياه العذبة فى مناطق مصب كل نهر وبالنسبة للمياه الجوفية أيضاً . هذا بالإضافة إلى تدمير بعض المنشآت الحضرية على الشواطىء مما سببب فى تهجير وتشريد سكانها (هذا وهناك إحصاءات تشير إلى أن حوالى ٦٠٪ من سكان العالم يعيشون على أو بالقرب من المناطق الشاطئية).

وبحسب السيناريو رقم ٢ أى بالتحكم فى المخلفات الصناعية وتقليل نسبة تصاعد

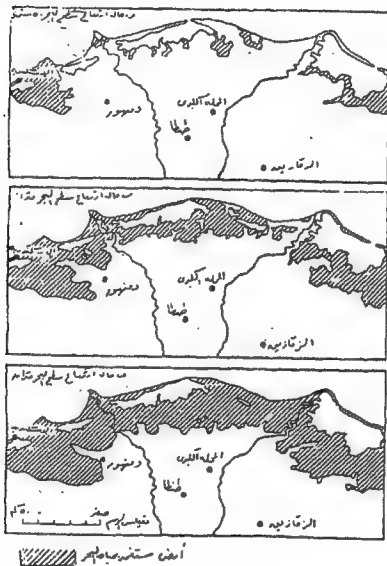
الغازات المتسببة في تغير المناخ، فإن ارتفاع منسوب سطح البحر وإن كان ينخفض إلى حوالى نصف هذا التصور، إلا أنه سيستمر وأن نفس الآثار ستحدث لكن فى حوالى ضعف هذا الوقت.. ويمكننا أن نتصور الحال بحسب السيناريو رقم ٢ إذا ما أمعن الإنسان فى التدخل فى الطبيعة وتدمير البيئة التى يعيش فيها.

وهناك دراسة مستفيضة قامت بها منظمة الأمم لحماية البيئة وكذلك دراسات عديدة لعلماء من جنسيات مختلفة حول الآثار المترتبة على ارتفاع منسوب سطح مياه البحر المتوسط على المناطق المحيطة به، وما يهمنى بالطبع هو منطقة الدلتا والساحل الشمالى لمصر.. ولعله من حسن الحظ أن دلتا النيل محمية ببعض الكويئات الجيولوجية منها بعض الكثبان الرملية المتحجرة والتي ترتفع عن سطح البحر بارتفاعات تصل فى بعض المناطق إلى حوالى ١٢ متراً حيث بنيت مدينة الإسكندرية القديمة.. والدراسة كما توضح مجموعة الخرائط فى الشكل رقم (١٢ - ٨) والتي تصور الوضع بحسب احتمالات ثلاث: أوها إذا ما ارتفع سطح البحر الأبيض حوالى ٥٠ سنتيمتراً؛ وثانيهما، إذا ما ارتفع حوالى المتر ثم الاحتمال الثالث إذا ما ارتفع منسوب السطح حوالى متر ونصف المتر.. وفى كل من هذه الاحتمالات توضح الخرائط مدى وحجم الأراضى التى ستعرض للغمر وقدّر العلماء أنه إذا ما استمر الحال والنشاط الصناعى فى العالم على ما هو عليه وارتفع منسوب البحر حوالى المتر فى نهاية القرن الحالى فستغمر أراضى شمال دلتا النيل إلى حوالى ٣٠ كيلومتراً إلى داخل البلاد.. وإذا كانت ذلّ رتناً متفائلة، ولم يرتفع منسوب مياه البحر إلا بمقدار النصف.. أو الثلث أو الربع مما هو متوقع.. فإلى أى مسافة إلى داخل البلاد ستغمر الأراضى؟ وأى أراضى؟ وأى طرق؟ أما يجب علينا أن نقوم بدراسة المناطق المهددة من الآن حتى نستوعب المشكلة ونتدارس الحلول بشأن روية!!

وفيما يلى موجزاً لما أوصى به العلماء بالنسبة لشاطئ مصر الشمالى ضمن دراسة جادة عن بعض المناطق المهددة فى العالم:

- ١ - إعادة تقييم خطط تنمية مناطق الإسكندرية وبورسعيد ودمياط وخاصة مناطق الموانئ وكذلك القرى السياحية والمناطق الترفيهية ومناطق التعمير عموماً على طول الشاطئ بحيث تكون فى المناطق المرتفعة وليست المنخفضة.
- ٢ - إعادة تقييم شبكات الصرف.
- ٣ - زحزحة مشاريع استصلاح الأراضى إلى داخل البلاد.

٤ - إعادة دراسة وتقييم الآثار الاقتصادية لاستخدام وتمديد رسوبيات نهر النيل من أمام السد في بحيرة ناصر إلى مجرى النيل خلف السد للتقليل من تآكل الدلتا.



(شكل رقم ١٢ - ١٠) تأثير طغيان البحر المتوسط
بسبب المد المائي على دلتا النيل

المراجعة

-المراجع العربية

-المراجع الأجنبية

المراجع

أولاً، المراجع العربية،

- أحمد إسماعيل عبد الرؤوف: زراعة الحقل، الجزء الأول، القاهرة، ١٩٤٨.
- أحمد عبد السلام: أثر العوامل المناخية في نمو وإنتاج محاصيل الخضر، مجلة الفلاحة العدد ٩، ١٩٦٩.
- الجمعية الكيميائية الأمريكية «مكافحة تلوث البيئة»، واشنطن، ١٩٦٩. ترجمة: أنور محمود عبد الواحد، القاهرة، ١٩٧٢.
- جودة حسنين جودة: الجغرافية المناخية والحيوية، الاسكندرية، ١٩٦٦.
- حسن سيد أحمد أبو العيدين: أصول الجغرافيا المناخية، الاسكندرية، ١٩٨٨.
- سعود يوسف عياش: تكنولوجيا لاطاقة البديلة، عالم المعرفة، عدد ٣٨، فبراير، الكويت، ١٩٨١.
- شاهر جمال آغا: علم المناخ والمياه - الجزء الأول - علم المناخ، دمشق، ١٩٧٨.
- عائدة بشارة: التوطن الصناعي في الإقليم المصري، القاهرة ١٩٦٢.
- عبد الرحمن حميدة: علم المناخ، دمشق، ١٩٦٩.
- عبد العزيز طريح شرف: الجغرافيا المناخية والنباتية، الإسكندرية، ١٩٧٤.
- على عبد الوهاب شاهين: محاضرات في جغرافية المناخ والنبات، جامعة بيروت العربية، ١٩٦٥.
- على علي البنا: أسس الجغرافية المناخية والنباتية، بيروت، ١٩٦٨.
- على علي الخشن، محمود حبيب: القواعد الأساسية لإنتاج المحاصيل، الجزء الأول، الإسكندرية، ١٩٦٣.
- على مصطفى مرسى: محاصيل الحقل، الجزء، الأول القاهرة، ١٩٦١.
- على حسن موسى: المناخ الإقليمي، دمشق، ١٩٧٨.
- على حسن موسى: الرجز في المناخ التطبيقي، دار الفكر، دمشق، ١٩٨٢.
- على حسن موسى: مناخات العالم، دار الفكر، دمشق، ١٩٨٩.
- على حسن موسى: أناسيات علم المناخ، دار الفكر، دمشق، ١٩٩٤ م.
- على حسن موسى: الذيل، دار الفكر دمشق، ٢٠٠٠.
- فتحى عبد العزيز أبو راضى: أسس الجغرافية الطبيعية، الإسكندرية، ٢٠٠٢.
- فتحى عبد العزيز أبو راضى: الأصول العامة في الجغرافية المناخية والنباتية، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية ٢٠٠٤

- فتحى عبد العزيز أو راضى: الجغرافية المناخية للدلتا، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب - جامعة الاسكندرية.
- فتحى محمد أبو عيانة، فتحى عبد العزيز أبو راضى: قواعد الجغرافيا العامة: الطبعة الأولى، ٢٠٠٢.
- فرج محمد على: بعض مشكلات الأرصاد الجوية الزراعية، الموسم الثقافى السابع، ٦٢، ٦٣، مصلحة الأرصاد الجوية، القاهرة، ١٩٦٢.
- فهمى هلالى هلالى أبو العطا: الطقس والمناخ - دراسة فى طبيعة الجو وجغرافية المناخ، الاسكندرية، ب. ت.
- كمال رمزى ستينو: زراعة الخضر، الطبعة الرابعة، القاهرة، ١٩٥١.
- لؤى أهلى، علم المناخ والأرصاد الجوية، دمشق، ١٩٧٣.
- ليلى عبد الواحد: الأرصاد الجوية والإنتاج الزراعى، الصحيفة الزراعية «مارس» ١٩٦٩.
- محمد متولى، إبراهيم رزقانه، محمد صفى الدين أبو العز، محمد صبحى عبد الحكيم: أسس الجغرافية الطبيعية، الجزء الثانى، الجغرافية المناخية، القاهرة، ١٩٥٤.
- محمد متولى، إبراهيم رزقانه، محمد صفى الدين أبو العز، محمد صبحى عبد الحكيم: أسس الجغرافيا الطبيعية. الجزء الثالث، الجغرافيا الحيوية، القاهرة، ١٩٥٦.
- محمد جمال الدين الفندى: الطبيعة الجوية - القاهرة ١٩٦٤.
- محمد جمال الدين الفندى: طبيعيات الجو وظواهره، القاهرة، ١٩٥٦.
- محمد جمال الدين الفندى: الأرصاد الجوية فى خدمة الطيران، مجلة القوت الجوية، العدد ١٩٦٨، «سبتمبر القاهرة»، ١٩٦٩.
- محمد محمود الصياد: مناخ غرب الدلتا، مجلة كلية الآداب، القاهرة، الجزء الثانى، «سبتمبر»، القاهرة ١٩٥٣.
- محمد نجيب عبد العظيم: علم المناخ المعاصر، الاسكندرية، ١٩٩٦.
- محمود حامد محمد: (الميتورولوجيا، أو ظواهر الجو فى الدنيا ومصر خاصة)، القاهرة، ١٩٤٧.
- نعمان شحادة: علم المناخ، عمان، ١٩٨٣.
- نعمان شحادة: المناخ العلمى، عمان، ١٩٨٣.
- يوسف عبد المجيد فايد: مدخل إلى دراسة المناخ التفصيلى. حوليات كلية الآداب، جامعة القاهرة، مجلد ٢٥، جزء ٢، كانون الأول، ١٩٦٣.
- يوسف عبد المجيد فايد: المناخ والإنسان، مجلة المحاضرات العامة، للجمعية الجغرافية المصرية، الموسم الثقافى، ١٩٦٤، القاهرة ١٩٦٤.
- يوسف عبد المجيد فايد: جغرافية المناخ والنبات، القاهرة، ١٩٧٣.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

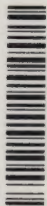
- Abedl- Kader A.Ali. El Nino events and Rainfall Variations in The Sahel Region of Africa. Bulletin De La Societe de Geographie D'Egypte, Tome . 1993.
- Ann Henderson- Sellers and Robinson, P.J.: Contemporary Climatology, Longman, 1988.
- Aynade, J.O. "Introduction to Climatology for the Tropics". John Wiley & Sons, 1983.
- Balls, L. : "Cotton Growing Weather in Egypt, Report of The International Cotton Congress, Cairo, 1930.
- Barrett, E.C.: "Climatology Form Satellites". London, 1975.
- Barry, R. G & Chorley, R. J.: "Atmosphere, Wather and Climate". (4th edn), Methuen, 1982.
- Bliar, T & Fite, R.C., : "Weather Elements". New York, 1965.
- Bliar, T.: "Climatology. General and Regional". New York, 1970.
- Boswell, V.R. & Jones, H.A. . "Climate and Vegetable Crops, Year Book of Agric. Washington, 1941.
- Brooks, G.E.P.: "Climate in Everday Life" 1950.
Brooks, G.E.P.: Climate through the ages, 2nd Ed., N.Y., 1970.
- Bruce, J.P. "The Atmosphere of The Living Planet Earth". Geneva, wmo, No. 735. 1990.
- Buchnell, J., : Climatology. An Introduction. London, 1964.
- Budyko, M.I., : The Earth's Climate: Past and Perture, Academic Press, 1982.
- Bunting, B.T.: The Geography of Soil. 2 nd. Ed London, 1967.
- Cain, Stanley,: "Physical Basis of Plant Geography", 1950.
- Campbell, D. H.: "An outline of Plant Géography", 1962.
- Chandler, J.J.: "The Climate of London". London. 1965.
Chandler. T.J.: "Modern Meteorology and Climatology". Harvard University Press. 1950.
- Chang, Jen-Hu: "Climate and Agriculure". Chicago, 1968.
- Cone, M.A.: "Oceanographic Events during El-Nino, Science. 222, 1983.
- Critchfield. H. J.: "General Climatology". Englewood Cliffs New Jersey, 1966.

- Decan. E.J.: "Physical Processes Near The Surface of The Earth". World Survey of Climatology. Vol.2, General Climatology. 2 Elsevier Publishing Company, Amstrdam. 1969.
- Derrik Sewell. E.R. & Others - "Human Response to Weather and Climate, Geographical Contributions. Geog. Rev. No. 18, April, 1968.
- Dia. M.: "Environmental Pollution". New York, 1981.
- Donahue, R.L., Soils, : An Introduction to Soils and Plant Growth, 1958.
- Flohn, H. (editor) : General Climatology 2, 1970.(World Survey of Climatology, Vol II).
- Gates, D.M.: "Man and his Environment: Climate", Harper and Row, 1972.
- Geiger, R.: "The Climate Near The Ground" Harvard University Press, 1965.
- Griffiths, J.F.: "Applied Climatology; An Introcuotion". Oxford University Press, 1970
- Hardy, M.E.: "The Geography of Plants". 1944.
- Haurwitz, B & Austin, M.J.: "Climatology". New York, 1944.
- Hess, S.L: "Introduction to Theoretical Meteorology". New York, 1980.
- Hobbs, J.E.: "Applied Climatology". London, 1980.
- Horrocks, N.K.: "Physical Geography and Climatology". London , 1966.
- Houghton, J.T. (ed.): The Global Climate. Cambridge University Press. 1984
- Kendrew, W.G.: "Climatology", . 1944.
- Kendrew, W.G.: "The Climate of The Continents". Oxford, 1953.
- Kimble, O.H.: "The Weather," 2 nd ed. 1931.
- Landsberg, H.E.: "Physical Climatology". Gray Printing Co, 1967.
- Lave, L. B & Seskin, E. P.: "Air Pollution and Human Health". Science, 169, 1970.
- Lockwood, J.G.: World Climatology : An Environmental Approach, Edward Arnold. 1974,
- Lockwood, J.G.: "Cauces of Climate", London, 1979.
- Magness, A.C. & Mitchell, J.W.: Effect of Climatic Factors on Growing Plants, Year Book of Agriculture. Washington. 1941.
- Magness, G.R. & Traub, H.F.: "Climatic Adaptation of Fruit and Nut Crops, Agric: Year Book. Washington. 1941.

- Mather, J.R., "Climatology", Fundamentals and Applications", 1974.
- Mc Dermott, Walsh; "Air Pollution and Public Health, Scient. Am. 205, 4. 1961.
- Miller, A.A.: "Climatology". London, 1960.
- National Academy of Science, **Understanding Climatic Change: A Program for Action**, U.S. Committee for GARP, National Research Council, Washington D.C. 1975.
- Namias, J. & Cayan, D.R; **El Nino: Implications fo Forecasting**, Oceanus, 27, 1984.
- Neuberger, H. & Stephens, F.B.: Weather and man, 1948.
- Newbigin, M.I. "Plant and Animal Geography, " 1936 .
- Pack, Donald, H. : "Meteorology and Air Pollution. Science. 146, 3648, 1964.
- Parry, M. : "The Climates of Twons, Weather, Vol 5, No. 10, 1950.
- Philip, A.L.: "Geographical aspects of Air Pollution; Geog. Rev. Vol. 36, 1966.
- Philander, S.G.H.: El Nino, La Nina, and The Southern Oscillation. Academic Press, San Diego, 1990.
- Polunin, N.: Introduction to Plant Geography, London, 1960.
- O'Hare, Greg & Sweeney, J.: The Atmospheric System". London, 1990.
- Oliver, J.E : "Climate and Man's Environment". New York, 1973.
- Rasmusson, E. M & Carpenter, T.: **Variations in Tropical Sea Surface Temperature and Surface Wind Fields Associated With The Southern Oscillation/ El Nino**, Mon. Weather Rev. 110, 1982.
- Rasmusson, E. M & Wallace, J.M. : **Meteorological aspects of Te ElNino/ Southern Oscillation**. Science. 222. 1983.
- Rasmusson, E. M & Hall, J.M.: **The Major Pacific Warm Episode of 1982/83**.
- Rihel, H: "Introduction to The Atmosphere". New York, 1978.
- Sellers, W.D.: "Physical Climatology". Chicago, 1965.
- Setzer, J.: "A New Formula For Precipitation Effectiveness" Geogr Rew. Vol. 36. 1946.
- Sharaf, A.T.: "Modern Approoch to Regional Climatology as Applied to The British Isles A Thesis Submitted for The Degree of Ph.D in University of Reading, 1951.
- Shukla, J.: **Seasonal Predictions: Enso and Togs**. Center for Ocean - Land Atmosphere Studies. Geneva, 1997.
- Smith, K.: "Principles of Applied Climatology". New York, 1975.

- Strahler, A.N & Strahler, A.H.: "Modern Physical Geography". New York, 1978.
- Stayer, R.O. & Moellorg, I.C.: Practical Microclimatology, UNESCO, 1961.
- Stayer, R.O. & Moellorg, I.C.: **Earth and Water Temperature in Egypt** Physical Department, Paper No. 52, Cairo.
- Terjung, W.H.: "Phsiologic Climates of The Conterminous United States: A Bioclimatic Classification Based on Man", Annales Association of Smerican Geographers, 65, 1966.
- Thornthwaite, W. C.: "The Climate of North America According to New Classification", Geogr. Rev, Vol. 21, 1931.
- Thornthwaite, W. C.: "The Climate of Earth, Geog. Rev. Vol. 23.3, 1931.
- Thornthwaite, W. C.: "Problems in The Classification", Geogr. Rev. Vol. 33, 1943.
- Thornthwaite, C.W.: "An Approach toward a Rational Classification of Climate" Geogr. Rev. Vol. 38, 1948.
- Thornthwaite, W. C & Mather, J.R.: "Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and The Water Balance" Publ. in Climatol; Drexel, inst. of Tech; Lab of Climatofogy, Vol X, New Jersey, 1959.
- Thom, C.E.: "The Discomfort Index, Weatherwise, 12,2, 1959.
- Trewartha, G.T.: "An Introduction to Weather and Climate". New York, 1954.
- UNESCO: "Climate and House Desing". New York, 1971.
- Wallace, J.N & Hobbs, P. V.: "Atmospheric Science". New York, 1977.
- Weaver, J.E. & Climents, F.E.: Plant Ecology, McGraw Hill- Book, Co. Inc. N.Y.
- Weyle, P.K.: The role the Oceans in climatic change; A Theory of the Ice ages, Meteorological monographs, 8, 1968, pp. 37-62.
- W.H.O.: "International Cloud Atlas", Geneva, 1956.
- W.H.O.: "Guide to Meteorological Instruments and Oberving Pratices" No.8 Tp.3
- Wyrki, K.: El Nino - The Dynamic Response of The Eauatorial Pacific Ocean to Atmospheric Forcing. J.Phys. Oceanogr. 5, 1975.
- Wyrki, K.: Water Displacements in the Pacific and The Genesis of El Nino Cyeles. J. Geophys. Res. 90, 1985.

Bibliotheca Alexandrina



1032625